ISSN 0582—415X

西水研研報
Bull. Seikai Nati. Fish. Res. Inst.
(71), 1993

Per
SH
302
.S42
no. 71

BULLETIN
OF
SEIKAI NATIONAL FISHERIES RESEARCH INSTITUTE

LIBRARY
AUG 0 9 1994
U.S. Department of Commerce

No. 71
December 1993

西海区水産研究所研究報告

第 71 号

アワビ稚貝の放流直後の行動……井上清和・山崎　誠・鬼頭　鈞　1

調査用中層トロール網（Yoko-Ⅱ型改）の曳網特性
……手島和之・藤石昭生・久保田勝彦・井上　悟・永松公明・
阿部　寧・築山一雄・竹下貢二　9

有明海産ウミタケガイ *Barnea dilatata* の生殖周期（英文）……山崎　誠　17

長崎県平戸島産ムラサキウニの生殖周期……山崎　誠・清本節夫　33

沖縄諸島周辺海域から採集したニアウカンザメ *Centrophorus niaukang*
……矢野和成・久貝一成　41

沖縄諸島周辺海域で底延縄により採集された深海性軟骨魚類…矢野和成・久貝一成　51

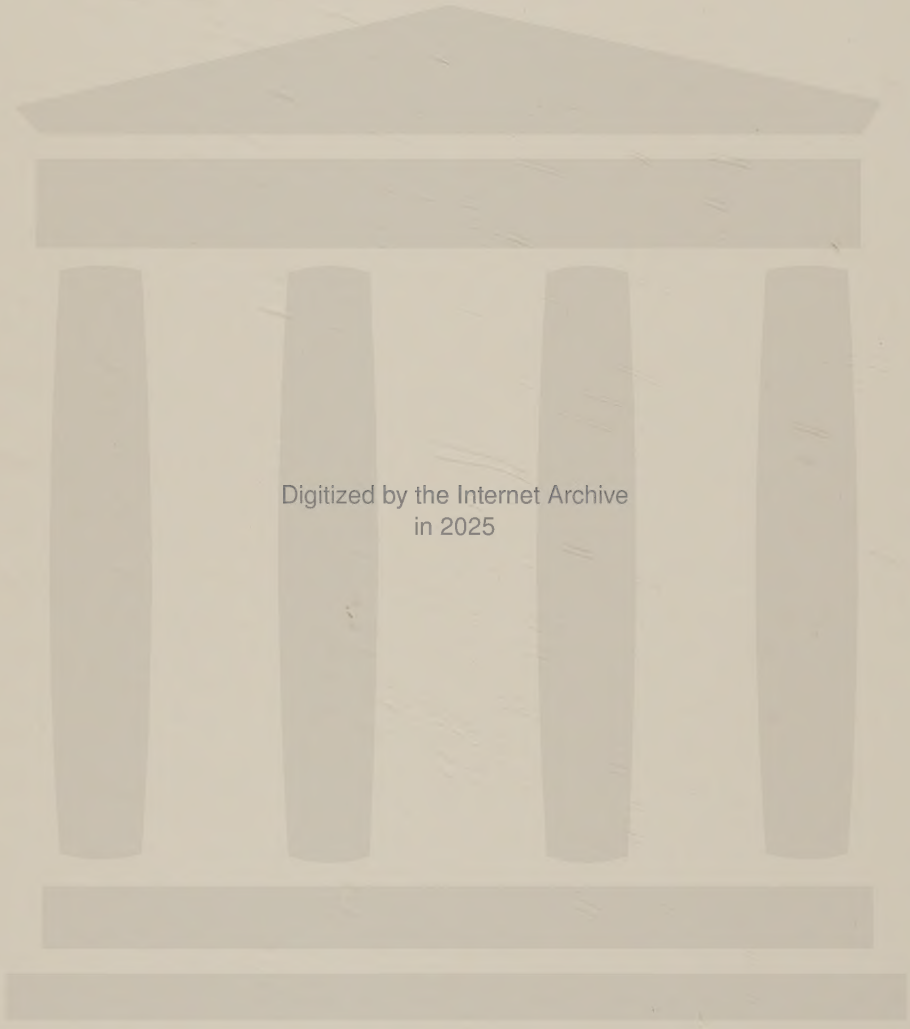
日本海西南部におけるホソトビウオ *Cypselurus hiraii* の
卵巣成熟と産卵について（英文）……阿部　寧・河野光久・手島和之　67

油谷湾におけるロウソクエビ類の生物特性……小嶋喜久雄・林　健一　83

東シナ海・黄海に分布するサワラの年齢と成長……濱崎清一　101

西海区水産研究所
長崎市国分町 49

平成 5 年 12 月



Digitized by the Internet Archive
in 2025

https://archive.org/details/bulletin-seikai-national-fisheries-research-institute_1993-12_71

Dispersion of Released Juvenile Haliotids from an Artificial Reef

Kiyokazu INOUE, Makoto YAMASAKI and Hitoshi KITO

Bull. Seikai Natl. Fish. Res. Inst., (71), 1–7 (1993)

Field experiments to clarify the movement of hatchery-reared juvenile abalones immediately after their release onto artificial reefs were carried out in Shijiki Bay, western Kyushu, as previous releases of hatchery-reared juveniles noted rapid decreases of numbers during the first few months after release. Several reefs of both stones set in a parallel piped net cage and also of U-shaped, road gutter, concrete blocks were used as artificial substrates.

Dispersion of the abalones from the reefs was checked by SCUBA diving observations at intervals of several hours on the day of release and over 2 days in March and June, 1987.

Their movement was observed throughout the daytime of the day of release, and increased during the night on both reefs. In March, some dispersed animals were found 5 meters beyond the reef. This abnormal behavior of abalones immediately after release might reflect the level of stress on them after being transplanted to the field from hatchery conditions and thus may be a cause of predation. Abalones moving out from the concrete blocks were comparatively more than those from the stones in a cage, suggesting an effect of artificial substrate on the transplantation of abalones.

Key words : Haliotids, dispersion, releasing, artificial reef, artificial seed, stress

Towing Performance of an Improved Yoko-II Midwater Trawl Designed for Research Purposes

Kazuyuki TESHIMA, Akio FUJIISHI, Katsuhiko KUBOTA, Satoru INOUE, Kimiaki NAGAMATSU, Osamu ABE, Kazuo TSUKIYAMA, and Koji TAKESHITA

Bull. Seikai Natl. Fish. Res. Inst., (71), 9–16 (1993)

The towing performance of an improved Yoko-II midwater trawl was examined during November 7–13, 1991 aboard the research vessel Yoko-Maru off Oki Islands, Shimane Prefecture, Japan. At a given warp length, the trawl tended to rise to shallower depths as the towing speed was increased from 2.5 to 4.0 knots. At all towing speeds, the trawl tended to sink to greater depth, but trawl path showed greater periodic fluctuations in depth as the warp length was increased. These periodic vertical fluctuations at lower towing speeds of 2.5 and 3.0 knots were much greater than those at higher towing speeds of 3.5 and 4.0 knots in which the trawl path remained at almost the same depth. At towing speeds of 3.0 and 3.5 knots, the height of the net mouth decreased and the wing spread increased as the warp length was increased. The net mouth was believed to become circular in shape at a towing speed of 3.0 knots and a warp length of about 350m and also at a towing speed of 3.5 knots and a warp length of about 380m.

Key words : Midwater trawl, net mouth depth, net mouth shape, vertical fluctuation

Ovarian Maturation and Spawning of Flying Fish, *Cypselurus hiraii*, in the Southwest Japan Sea

Osamu ABE, Mitsuhisa KAWANO and Kazuyuki TESHIMA

Bull. Seikai Natl. Fish. Res. Inst., (71), 67–81 (1993)

The process of ovarian maturation in flying fish, *Cypselurus hiraii*, in the southwest Japan Sea was investigated by histological observations of the ovaries and by frequency distributions of the oocyte diameter. The samples were caught with set nets inshore of Fukawa Bay during the fishing season between June and July in 1991. All testes were matured, except for some samples at the end of the fishing season. Every ovary had either postovulatory follicles or maturing oocytes throughout the fishing season. The frequency distribution of the oocyte diameter showed that every ovary had a small ($\phi <$ 0.1mm) and a middle-sized ($\phi = 0.1$–0.8mm) oocyte group. The third, maturing oocyte group was separated from the middle-sized group. The mature oocytes were ovulated at 1.8–2.2mm in diameter. Ovaries in which the oocytes were maturing had many postovulatory follicles, indicating *C. hiraii* spawns at least twice during the spawning season.

Key words : flying fish, *Cypselurus hiraii*, ovarian maturation, oocyte development, spawning, Japan Sea

Biological Characteristics of four Species of the Caridean Shrimps, Genus *Processa* in Yuya Bay, Yamaguchi Prefecture,

Kikuo KOJIMA and Ken-Ichi HAYASHI

Bull. Seikai Natl. Fish. Res. Inst., (71), 83–99 (1993)

Three species of *P. japonica, P. aequimana,* and *P. sulcata* were distributed mainly in the *Zostera* belt formed in Yuya Bay, while *P. kotiensis* occurred in the sandy-mud bottom near the mouth of the bay. A single generation was recognizable in *P. japonica*, while the other three species consisted of two generations, one of short life and the other of long life. The life span for the short generation was thought to be about three to six months and that for the long generation about 12 to 15 months although the actual period was different depending on species. Stomach contents of *P. japonica* were filled exclusively with opercula of gastropods, indicating a narrow food preference. *P. kotiensis* and *P. sulcata* fed primarily on the polychaetes while *P. aequimana* showed a wide food preference, feeding on polychaetes, gammarids and other invertebrates. Differences in the distribution pattern and feeding habits for the four species indicated that interspecific competition have not occurred among these species.

key words : Genus *Processa,* Distribution pattern, Short and long generations, Spawning period, Feeding habits.

Age and Growth of Japanese Spanish Mackerel in the East China Sea and Yellow Sea

Seiichi HAMASAKI

Bull. Seikai Natl. Fish. Res. Inst., (71), 101–110 (1993)

Age and growth of the Japanese Spanish mackerel *Scomberomorus niphonius* were examined based on the analysis of otoliths of the fish obtained from the East China Sea and the Yellow Sea in the 1980's. The otoliths were burned to facilitate reading of its growth rings. The opaque edge was considered as annual ring. As a result, the von Bertalanffy growth equations were obtained for the fishes in which females and males were pooled,

$L_t = 861.23\ (1 - e^{-0.33(1+0.66)})$

where t and L_t indicate age and the theoretical fork length at t years old, respectively.

西水研研報　第71号　平成5年12月
Bull. Seikai Natl. Fish. Res. Inst., No. 71, December 1993

アワビ稚貝の放流直後の行動

井上清和*・山崎　誠**・鬼頭　鈞***

Dispersion of Released Juvenile Haliotids from an Artificial Reef

Kiyokazu Inoue*, Makoto Yamasaki** and Hitoshi Kito***

ABSTRACT

Field experiments to clarify the movement of hatchery-reared juvenile abalones immediately after their release onto artificial reefs were carried out in Shijiki Bay, western Kyushu, as previous releases of hatchery-reared juveniles noted rapid decreases of numbers during the first few months after release. Several reefs of both stones set in a parallel piped net cage and also of U-shaped, road gutter, concrete blocks were used as artificial substrates.

Dispersion of the abalones from the reefs was checked by SCUBA diving observations at intervals of several hours on the day of release and over 2 days in March and June, 1987.

Their movement was observed throughout the daytime of the day of release, and increased during the night on both reefs. In March, some dispersed animals were found 5 meters beyond the reef. This abnormal behavior of abalones immediately after release might reflect the level of stress on them after being transplanted to the field from hatchery conditions and thus may be a cause of predation. Abalones moving out from the concrete blocks were comparatively more than those from the stones in a cage, suggesting an effect of artificial substrate on the transplantation of abalones.

平成5年6月3日受理（Received June 3, 1993）
西海区水産研究所業績第480号（Contribution from Seikai National Fisheries Research Institute, No. 480）
*水産庁海洋漁業部遠洋課　〒100 東京都千代田区霞が関1-2-1（Fisheries Agency, Far Seas Fisheries Division, Kasumigaseki, Tokyo 100, Japan）
**東北区水産研究所　〒985 塩釜市新浜町3-27-5（Tohoku National Fisheries Research Institute, Shinhama-cho, Shiogama 985, Japan）
***水産大学校　〒759-65 下関市永田本町2-7-1（Shimonoseki University of Fisheries, Nagatahon-machi, Shimonoseki 759-65, Japan）

はじめに

近年，わが国各地の沿岸では，アワビ資源の増大を目的とした様々な事業が試みられている．これらの事業の多くはその基盤技術として人工種苗の放流を取り入れており，技術の発展方向として放流稚貝の生残率の向上が重要な課題となっている．このため放流稚貝の生態学的な特徴，とくに放流直後の行動特性を詳しく把握することが重要である．

放流された稚貝が好適な棲み場を見つけ，そこに棲み着くにはある程度の時間が必要である．そして，その間の行動は，放流直後で外敵生物に対する防備が不十分な時だけに，様々な影響を受け易く，その後の生残とも密接な関連を持つことが推測される．この放流直後の稚貝の行動を詳細に知るため，数時間間隔で潜水し，放流個体が放流基質から分散していく状況を観察し，分散行動を開始する時刻や基質の種類と分散状況などの点について若干の知見を得たので報告する．

本論に先立ち，潜水調査にご協力いただいた株式会社ベントスの南里寛治氏に感謝する．

材料および方法

実験は，長崎県平戸島の志々伎湾内の２カ所の実験区（放流場所）において，1987年３月と６月に実施された（Fig. 1）．実験区の一つは，湾西岸に位置する通称「フクラ」地先の水深約１mの小石の散在する平坦な岩盤帯のガラモ場（モク類群生地）である．他の一つは，対岸に位置するアラメ場で，通称「赤バエ」地先の水深約３mの比較的平坦な岩盤帯である．これらの実験区に稚貝放流用の２種類の人工礁を設置した．

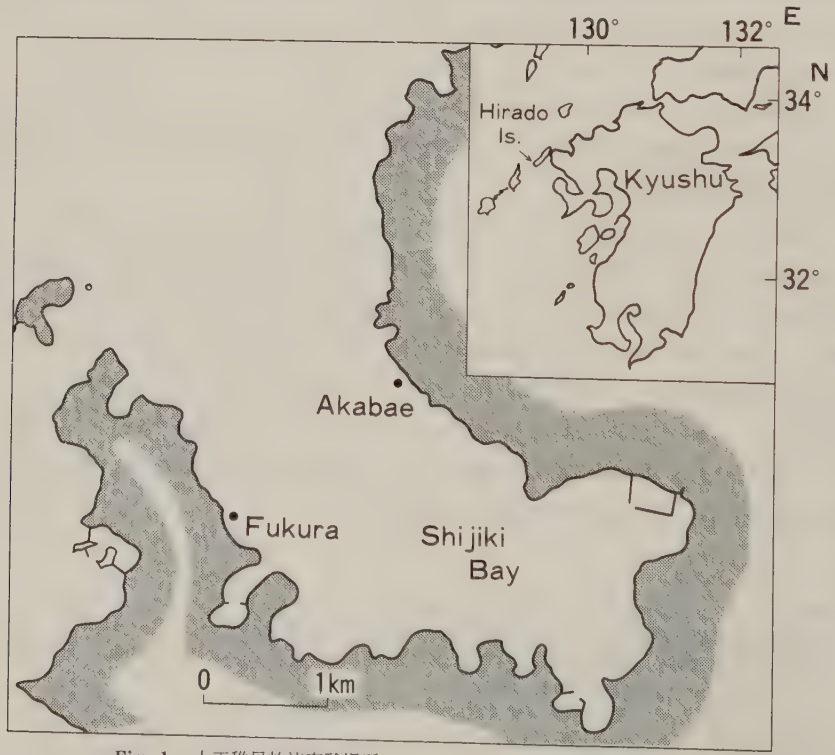


Fig. 1. 人工稚貝放流実験場所
Release sites of hatchery-reared juvenile abalones.

一つは，一般にフトンカゴあるいはカゴ礁と呼ばれる，大きさ1×2×0.5（高さ）mの樹脂コーテイングした金属パイプ枠に目合約10cmの樹脂製の網を張り，内部に30～50cmの割石を詰めたものである．他の一つは，一般道路の側溝用のコンクリート製のU字溝を，互いにかみ合うように組み合わせて一つの塊状にして針金で縛って作った大きさ0.6×0.6×0.3（高さ）mのコンクリート礁である．放流に先立ち1986年12月，両実験区にそれぞれカゴ礁2基とコンクリート礁12基を設置した．

稚貝放流は，1987年3月11日と6月16日に行い，3月にはエゾアワビをガラモ場とアラメ場の両実験区に，6月にはエゾアワビとクロアワビの両種をガラモ場のみに放流した（Table 1）．これらの稚貝はいずれも陸上の施設で人工飼育されたもので，放流に際して予めその殻表面に小さな塩化ビニール製の番号札（約6×10mm）を個体標識として装着した．

放流貝の行動観察は，放流日から3日間，1回二人で約30分間のスキューバー潜水で昼夜に亘り断続的に行った．放流稚貝が実験礁から周囲の海底に移動する状況を把握するため，実験礁を囲む約5m以内のすべての石について可能な限り動かし，石の裏側などに潜んでいる稚貝の発見に努めた．5m以遠の海底においては，観察者が自由に潜水遊泳しながら稚貝の発見に努め，1個体でも発見した場所では，その周辺を念入りに調べた．発見した個体は，直ちに標識番号と発見位置を記録し，同じ場所に再放流した．

Table 1. 人口礁に放流されたアワビ稚貝の平均殻長と個体数
Mean shell length and the number of individuals which were released.

Site	Artificial reef	Abalone*	Date of release	Mean shell length (mm)	No. of individuals released	No. of reefs
Fukura (*Sargassum* zone)	Stone	Ezo	11, March	42.6	309	1
		Ezo	16, June	44.9	192	2
		Kuro		28.1	289	
	Concrete	Ezo	11, March	42.6	208	6
		Ezo	16, June	44.9	207	12
		Kuro		28.1	183	
Akabae (*Eisenia* zone)	Stone	Ezo	11, March	42.6	331	1
	Concrete	Ezo	11, March	42.6	201	5

*Ezo ; *Haliotis disucus hannai*, Kuro ; *H. discus*

結　　果

3月と6月の放流稚貝が実験礁から逸散して行く過程を，礁から5m以内の範囲に発見された稚貝の個体数と放流総数との割合としてFig. 2およびFig. 3に示した．なお，重複して発見された個体については，最初に発見された時のみを計数の対象とした．

3月の放流稚貝では，放流当日の昼間から実験礁外への逸散が1潜水調査当たり約1%から3%認められ，日没後も同様の傾向または増加傾向が続き，全体としてかなりの個体数の逸散が認められた．翌日以降の逸散稚貝は昼間に発見されることはほとんどなくなり，夜間にのみ初日と同程度の割合で見られるようになった．ガラモ場とアラメ場との間での逸散状況には特に大きな違いは認められなかった（Fig. 2）．6月の放流では，3月の放流調査よりも日没直後から夜半にかけての観察間隔を短くしたところ，短時間のうちに活発に逸散してゆく状況が明確に把握できた．稚貝の種類の差による逸散状況には，特に大きな違いは認められなかった（Fig. 3）．さらに，実験礁から5m以上も離れるような顕著な移動が3月に13個体で見られ，この傾向はガラモ場で多かった．また，最も遠くまで移動した例は，放流翌日に実験礁から約12m離れた場所で発見された個体であった（Table 2）．一方，6月の放流にはこのような顕著な移動を示した個体は認められなかった．

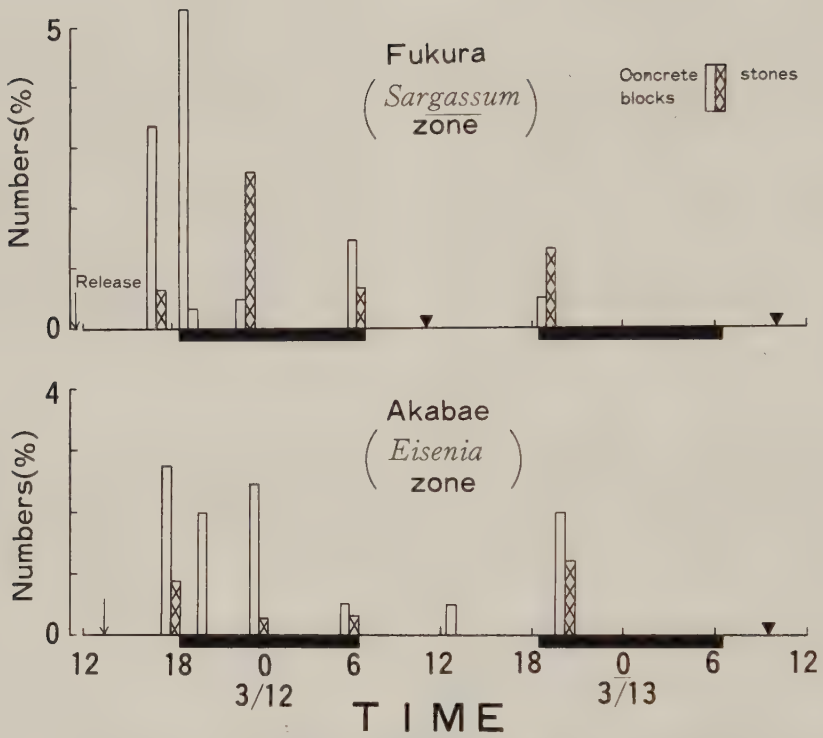


Fig. 2. 放流直後に2カ所の実験礁から移出したエゾアワビ稚貝の割合．逆三角形の印は稚貝が発見されなかったことを示す．黒い横棒は夜間を示す．
Rate of juvenile Ezo abalones, *Haliotis discus hannai*, moving out of artificial reefs consisting of stones in cages and of U-shaped concrete blocks in the two survey sites after release. Reverse triangles indicate no abalones were found moving out of the reefs. Black bars indicate night time.

Table 2. 人口礁から5m以遠で発見されたアワビ稚貝の個体数
The number of individuals which were discovered 5 meters beyond the artificial reef.

Date	Site	Distance from artificial reef (m)	Number of individuals discovered
11, March	Fukura	6～7	2
12, March	Akabae	9	2
12, March	Fukura	6～12	11

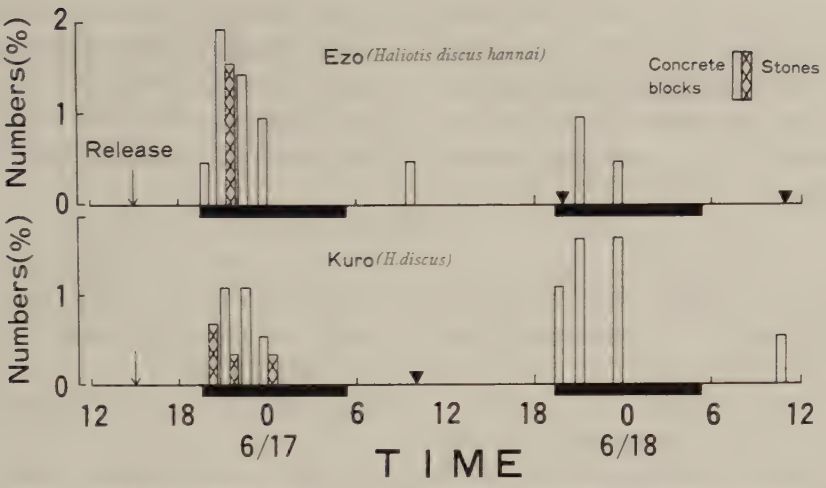


Fig. 3. 放流直後に実験礁から移出したアワビ稚貝の割合．逆三角形の印は稚貝が発見されなかったことを示す．黒い横棒は夜間を示す．
Rate of juvenile abalones moving out of the artificial reefs after release. Reverse triangles indicate no abalones were found moving out of the reefs. Black bars indicate night time.

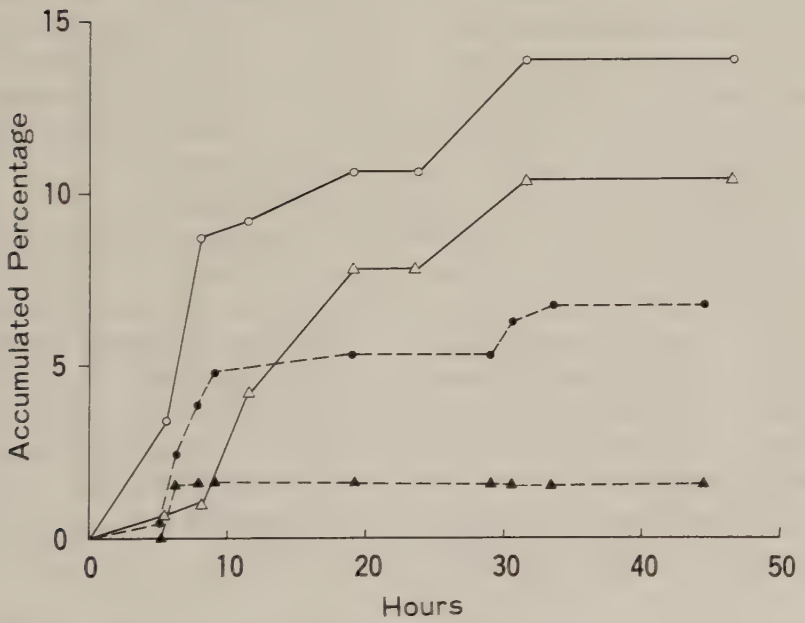


Fig. 4. 実験礁外で発見されたエゾアワビの累積数の百分率の経時変化．
○，●：コンクリート礁に放流したもの，
△，▲：カゴ礁に放流したもの．
実線は3月，破線は6月のもの．
Accumulated percentage of Ezo abalones moving out of the reefs after release at the two survey sites.
Circles indicate the rate of abalones which were released into U-shaped concrete blocks. Triangles indicate the rates of abalones which were released into the cages filled with stones. Solid lines (open marks) indicate the rates in March; broken lines (closed marks) in June.

逸散状況をカゴ礁とコンクリート礁とで比較すると，3月には，カゴ礁に放流した稚貝のうち，実験礁外で発見された個体が放流総数に占める割合は，放流後10時間で約3%，20時間で8%，30時間以降で10%であったのに対し，コンクリート礁に放流した稚貝のそれは，それぞれ9%，11%，14%であった。6月には，カゴ礁に放流した稚貝の発見割合は，放流後10時間以降は約2%であったのに対し，コンクリート礁に放流した稚貝のそれは5～7%で，両月ともコンクリート礁からの逸散割合が顕著であった（Fig. 4）.

考　察

エゾアワビの行動の日周期性を酸素消費量の日変化から調べた研究[1]によれば，その酸素消費量が日没直後から夜半にかけて顕著に増加することから，この時間帯における活発な行動が指摘されている．また，水槽飼育によるクロアワビの行動観察結果でも，日没後3時間から5時間の間に最も活発な行動を示したことが報告されている[2]．さらに，野外観察例でも，稚貝は夜間に活発に活動することが知られている[3,4]．

約3カ月前に設置しておいた人工礁における本放流実験では，エゾアワビとクロアワビの放流稚貝が，放流当日には夜間はもとより昼間においても人工礁から盛んに逸散してゆく状況が観察された．また，本実験で最も遠い距離を移動した例は，放流から1日後に，放流地点から12m離れた場所で再捕された個体であった．このような放流当日における異常とも思える行動は，東北地方において放流されたエゾアワビについても観察されている[5]．元来，アワビ類は夜行性の動物であることが知られており，特に，クロアワビは昼間のような明るい条件下では顕著な行動を起すことはほとんどないと考えられていた．アワビ類稚貝に移動行動を促す要因としては，生息場所の餌料不足や物理的な環境条件の不適，さらに，外敵から身を守るのに適した狭い隙間がないことなどが考えられる。本実験に際しては，実験水域や実験礁の調査を十分に行い，これらの点について適正な条件を備えていることを確認した．それにもかかわらず，放流稚貝が極めて短い時間内に長い距離を，しかも昼間に移動し，通常の生態の観察ではみられない異常な行動を示す結果となった．

この原因の一つとして，放流という行為そのものが稚貝に何等かのストレスを与えたと考えることができる．

この点については，今後さらに実証的な実験を重ねてゆく必要がある．

本実験に用いた2種類の放流用人工礁についてみると，放流後の稚貝をより長く滞留させることに関しては，カゴ礁がコンクリート礁より効果的であることが明らかとなった．しかし，過去に行われた同様の観察例にはコンクリート礁の方が好結果を示した報告[6]もある．今後，放流用の基質の効果評価には，素材はもとよりアワビ類の行動特性と深い関係を持つと考えられる構造や規模などについて，その効果をより詳しく検討することが必要である．

今回の放流実験に用いたアワビ稚貝は，すべて陸上の施設で人工的に飼育されたものである．放流直後のアワビ稚貝にみられた特異的な行動が人工飼育貝特有の性質であるか否かを解明することは，その放流技術確立のために重要な課題である．このためには放流群と天然群との生態特性の比較が重要と思われるが，クロアワビなどの天然稚貝は，発見が難しく，その生態についての情報は極めて少ない[3,7,8]．今後，天然稚貝の生態の観察事例を増やし，その知見を集積していくことが急務である．

文　献

1) 浮　永久・菊池省吾　1975：エゾアワビの酸素消費量と体重及び温度との関係．東北水研報，(35)，73–84.
2) 林　育夫　1988：種苗クロアワビ（*Haliotis discus discus*）稚貝の住み場要求，日周期活動および捕食動物．*Venus*，**47**(2)，104–120.
3) 市来忠彦・山下金義・種村一成　1977：長崎県宇久島沿岸におけるクロアワビ幼稚貝の分布と成長．長崎水試研報，(3)，84–94.
4) S. A. Shepherd　1973：Studies on south-

ern Australian abalone (Genus *Haliotis*) I. Ecology of five sympatric species. *Aust. J. mar. Freshwat. Res.*, **24**, 217–257.

5) 門間春博 1972：エゾアワビ種苗放流に関する研究—I. 放流直後の行動. 日水誌, **38**(7), 671–676.

6) 西村元延・辻 秀二 1979：蒲入地先アワビ礁へのアワビ種苗放流実験. 京都海洋センター研報, (3), 1–17.

7) 田中種雄・田中邦三・石田 修・清水利厚・坂本 仁・目黒清美 1982：浜行川地先のアワビ稚貝場について. 千葉水試研報, (40), 83–97.

8) 武田雷介・伊丹宏三 1979：淡路島南水域におけるクロアワビ稚貝の2, 3の生態について. 兵庫水試研報, (19), 19–39.

調査用中層トロール網（Yoko-Ⅱ型改）の曳網特性*

手島和之**・藤石昭生***・久保田勝彦****
井上　悟***・永松公明***・阿部　寧**
築山一雄*****・竹下貢二******

Towing Performance of An Improved Yoko-Ⅱ Midwater Trawl Designed for Research Purposes*

Kazuyuki Teshima**, Akio Fujiishi***, Katsuhiko Kubota****
Satoru Inoue***, Kimiaki Nagamatsu***, Osamu Abe**
Kazuo Tsukiyama*****, and Koji Takeshita******

ABSTRACT

The towing performance of an improved Yoko-Ⅱ midwater trawl was examined during November 7–13, 1991 aboard the research vessel Yoko-Maru off Oki Islands, Shimane Prefecture, Japan. At a given warp length, the trawl tended to rise to shallower depths as the towing speed was increased from 2.5 to 4.0 knots. At all towing speeds, the trawl tended to sink to greater depth, but trawl path showed greater periodic fluctuations in depth as the warp length was increased. These periodic vertical fluctuations at lower towing speeds of 2.5 and 3.0 knots were much greater than those at higher towing speeds of 3.5 and 4.0 knots in which the trawl path remained at almost the same depth. At towing speeds of 3.0 and 3.5 knots, the height of the net mouth decreased and the wing spread increased as the warp length was increased. The net mouth was believed to become circular in shape at a towing speed of 3.0 knots and a warp length of about 350 m and also at a towing speed of 3.5 knots and a warp length of about 380 m.

平成5年12月3日受理（Received December 3, 1993）
西海区水産研究所業績第485号（Contribution from Seikai National Fisheries Research Institute, No.485）
*平成4年度日本水産学会春季大会において本研究の概要を発表した.
**西海区水産研究所下関支所　〒750　下関市東大和町2-5-20（Seikai National Fisheries Research Institute, Shimonoseki Branch, Higashiyamato-machi, Shimonoseki 750, Japan）
***水産大学校漁業学科　〒759-65　下関市永田本町2-7-1（Shimonoseki University of Fisheries, Department of Fishery Science, Nagatahon-machi, Shimonoseki 759-65, Japan）
****水産大学校天鷹丸　〒759-65 下関市永田本町2-7-1（Shimonoseki University of Fisheries, T/S Tenyo-maru, Nagatahon-machi, Shimonoseki 759-65, Japan）
*****西海区水産研究所陽光丸　〒850　長崎市国分町49（Seikai National Fisheries Research Institute, R/V Yoko-maru, Kokubu-machi, Nagasaki 850, Japan）
******水産大学校増殖学科　〒759-65　下関市永田本町2-7-1（Shimonoseki University of Fisheries, Department of Biology and Aquaculture, Nagatahon-machi, Shimonoseki 759-65, Japan）

はじめに

昭和58年に水産庁が資源評価システム高度化調査を開始して以降，西海区水産研究所では本調査の一環として，浮魚類の魚群量調査における生物サンプリング手法の開発・研究を行ってきた．この研究において，これまでに三種類の調査用中層トロール網（Yoko-Ⅰ型，Yoko-Ⅱ型及びYoko-Ⅲ型）を試作し，予備的な曳網試験を九州西海域において実施した．これらの曳網試験から，試作した三種類の漁具の中で最も小型のYoko-Ⅱ型は，他二種より漁獲性能が良く，しかも投揚網作業などの漁具操作が容易であることが分かった[1-4]．この結果，Yoko-Ⅱ型は西海区水産研究所を始め他の水産研究所によってマイワシ等浮魚類を対象とした資源調査に使用されている．

Yoko-Ⅱ型を含め中層トロール網の身網部分は大目網によって構成されている．上述したように，Yoko-Ⅱ型は浮魚類の資源調査用漁具としての適性を備えているが，曳網中に入網した魚類の一部が大目網部から逃避，逸脱する可能性が考えられる．このため，大目網部からの魚の逃避，逸脱に関する資料を収集する目的で，新たな中層トロール網を試作した．

この試作漁具はYoko-Ⅱ型の基本設計をそのまま受け継いで作製されているので，「Yoko-Ⅱ型改」と称することにした．「Yoko-Ⅱ型改」の特徴は，大目網部からの魚の逃避状況を調べるため，複数の小型のポケット網を身網の周囲に装着してあること及び網糸の見え易さによる逃避，逸脱状況の差についての資料を得るため，身網の一部に蛍光網（蛍光剤の使用により水中で蛍光を発する網地）を採用したことにある．

Yoko-Ⅱ型改による曳網及び漁獲試験は，西海区水産研究所調査船陽光丸によって平成3年11月7日から11月13日の間，島根県隠岐島周辺水域において実施された．しかし，同水域に来遊が予想されていたマイワシ産卵群に遭遇できず，漁獲試験を中断せざるを得なかった．本報告では漁獲試験に先だって実施した曳

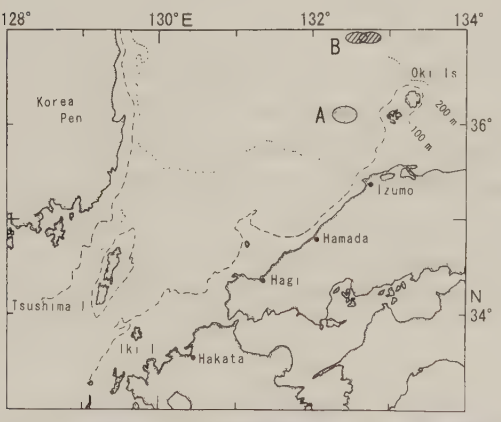


Fig. 1. 調査水域，A；曳網試験実施水域，B；漁獲試験実施水域
Study areas for the improved Yoko-Ⅱ midwater trawl in which towing performance (A) and fishing efficiency (B) experiments were conducted aboard the Yoko-Maru during November 7-13, 1991.

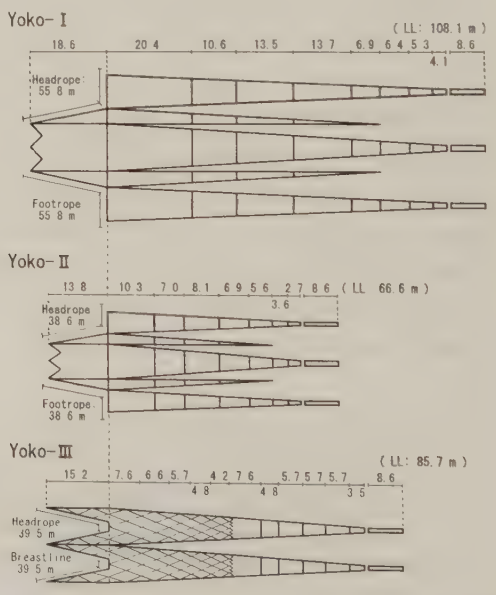


Fig. 2. Yoko-Ⅰ，Yoko-Ⅱ及びYoko-Ⅲ型調査用中層トロールの展開図
Size comparisons between the Yoko-Ⅰ, Yoko-Ⅱ, and Yoko-Ⅲ midwater trawls designed for research purposes.

網試験から得られたYoko-Ⅱ型改の漁具特性に関する基礎的知見を取りまとめた.

本研究を行うにあたり，曳網試験にご協力いただいた西海区水産研究所陽光丸の乗組員各位に対して心から御礼申し上げる．また，本調査を行うにあたりご助言を賜ると共に本報告をご校閲いただいた西海区水産研究所，藤田　薫下関支所長に御礼申し上げる．さらに，英文要旨の校閲を快く引き受けていただいた，米国北西アラスカ漁業センターのRichard G. Bakkala博士に対して御礼申し上げる.

資料と方法

調査水域

調査期間が平成3年11月7日から13日の短期間に限られていたため，例年11月初旬から中旬にマイワシ産卵群の来遊が予想される島根県隠岐島周辺を調査水域（Fig. 1）として選んだ[5].

供試漁具

西海区水産研究所では，浮魚類を対象とした資源調査を行うために三種類の調査用中層トロール網（Yoko-Ⅰ型，Yoko-Ⅱ型及びYoko-Ⅲ型）を開発し（Fig. 2），その有効性について検討を重ねてきた．こ

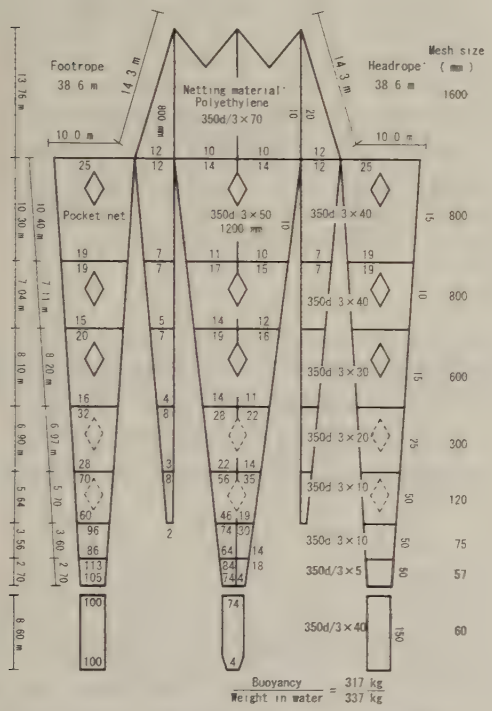


Fig. 3. Yoko-Ⅱ型改中層トロール網の漁具展開図とポケット網装着部位
Dimensions and construction characteristics of the improved Yoko-Ⅱ midwater trawl. The diamond symbols indicate the locations of pocket nets attached to the body of the trawl during the present survey. Dotted diamond sympols show interchangeable positions for the pocket nets.

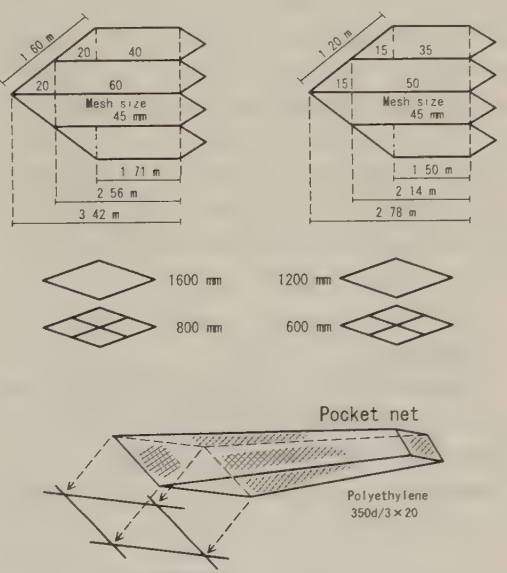


Fig. 4. ポケット網展開図
Dimensions and construction of the pocket nets attached to the improved Yoko-Ⅱ midwater trawl. Two types of pocket nets (net mouth size; 1,600 and 1,200㎜) are designed. The 1,600㎜-pocket net was attached exclusively to the 800㎜-mesh section of the body and the 1,200㎜-pocket net was attached to the body sections with mesh sizes varying from 1,200 to 120㎜. During the present experiment, a total of 12 pocket nets were attached to the 1,200, 800, and 600㎜-mesh sections of the upper, lower, right, and left panels of the trawl as shown in Fig. 3.

れらの中で，Yoko-Ⅱ型は他の二者に比べて漁獲性能が優れると共に投揚網操作が迅速，容易であることから，昭和59年以降の資源調査に使用されている[1-4]．

今回の調査用に試作した漁具はYoko-Ⅱ型に改良を加えた「Yoko-Ⅱ型改」である．本漁具は，漁具構成（オッター・ボードを含む付属漁具及び索具）と身網部分をYoko-Ⅱ型と同じとし，大目網の各目合部から逃避する魚を捕獲する目的で，身網の上下・左右4枚のパネルの1,200，800，600，300及び120㎜目合部の中心線に沿って縦列に，それぞれ5個所，合計20個所にポケット網が装着可能なように設計された（Fig. 3）．このため，網口が1,600㎜と1,200㎜目合の2種類の大きさのポケット網を作製した（Fig. 4，付図 1）．

すなわち，網口1,600㎜のポケット網は800㎜目合部専用とし，網口1,200㎜のポケット網は1,200，600，300及び120㎜目合部のいずれにも装着できるように設計された．今回の曳網試験は，上下左右の身網の1,200，800及び600㎜目合部にそれぞれ1個，合計12個のポケット網を装着して実施された．なお，試作したYoko-Ⅱ型改では，網糸の見え易さと魚の逃避，逸脱状況との関係についての資料を入手するため，蛍光網を身網の右半分に，通常の網（黒色）を左半分に使用した（Fig. 5，付図 2）．

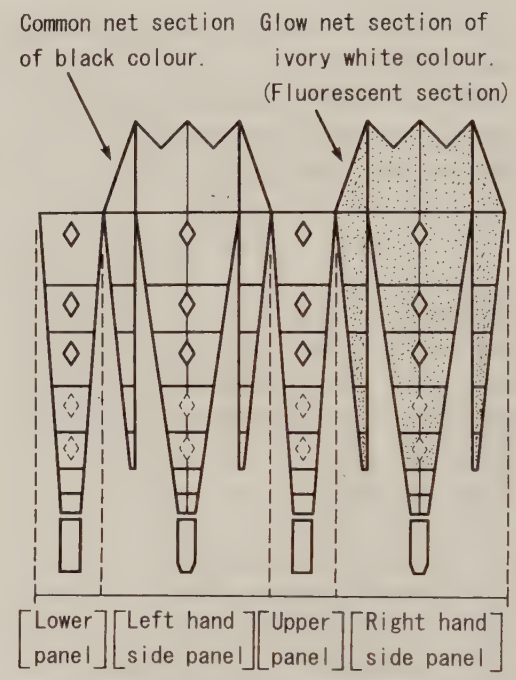


Fig. 5. 光る網（グローネット）取り付け部位
Improved Yoko-Ⅱ trawl showing location of the fluorescent (glow) net panel.

曳網試験

漁獲試験に先立ち，Yoko-Ⅱ型改の漁具特性を調べるために曳網試験を11月8日に実施した（Fig. 1，A水域）．曳網に際し，網口前端及び両袖網先端に古野電機㈱製のネット・ゾンデとスキャンマー社製漁網監視装置を装着して，2～4ノットの曳網速度で，ワープ長100～500mにおける網口深度（水面からヘッド・ロープまでの水深），網口高さ及び袖網間隔を測定した．測定は漁具が水中で安定した状態になってから実施された．

結　果

網口深度

曳網速度別（2.5，3.0，3.5及び4.0ノット），ワープ長別（100～500mまでの50m毎）による網口深度の変化をFig. 6に示した．同じワープ長では，曳網速度が増加するにつれて網口深度は浅くなった．いずれの曳網速度においても，ワープ長が長くなるにつれて，網口深度は深くなると共にその変動範囲（曳網中における網口の上下運動）を増す傾向を示した．

網口深度の変動範囲は，同じワープ長では曳網速度が2.5と3.0ノット，また3.5と4.0ノットでは似たような値を示したが，前者における方が後者におけるよりも大きかった．例えば，ワープ長が250mの場合，網口は2.5ノットで70～100m，3.0ノットで40～70m，3.5ノットで30～34m，4.0ノットで20～23mの水深帯にあったと推定される．このため，曳網速度2.5と3.0ノットでは網口は上記の水深帯を約30mの上下運動をしながら曳網されたのに対して，3.5と4.0ノットでは網口はほとんど変動することなく，ほぼ一定の水深を保ちながら曳網されたと推定される．

網口の形状

ワープ長及び曳網速度を変化させて測定した網口高さと袖網間隔に基づいて，曳網速度3.0と3.5ノットにおける網口の形状を推定した（Fig. 7）．両曳網速度のいずれにおいても，ワープ長が長くなれば，網口高さが低くなるのに対して，袖網間隔は広がる傾向を示した．この傾向から，水中における網口の形状はワープ長が100～200m 前後では縦に長い楕円形を呈し，200～300m 前後でやや縦長の楕円形になり，3.0ノットでは350m 前後で，3.5ノットでは380m 前後でほぼ円形となったと推定される．さらにワープを繰り出した状態（3.0ノットでは350m，3.5ノットでは380m 以上）では，網口の形状は次第に横長の楕円形になったと推定される．3.0と3.5ノットにおける網口はワープ長の変化に対して極めて似たような形状を示したが，網口高さと袖網間隔は共に3.5ノット曳網時の方が1～2m 程度小さく，図中の点線で示されるような網口形状であったと推定される．

漁獲試験

曳網試験後，漁獲試験を実施するためにマイワシの来遊が予想される隠岐島周辺水域において魚群探索を行ったが，濃密魚群に遭遇することができなかった．このため，表層に出現した小規模な反応を対象として11月9日18～22時にかけて2回の曳網を行ったが（Fig. 1，B 水域），カタクチイワシ（尾叉長5～11cm）が約200kg漁獲されたのみであった．しかも，漁獲物のポケット網への入網はみられず，このため蛍光網に関する資料も得られなかった．

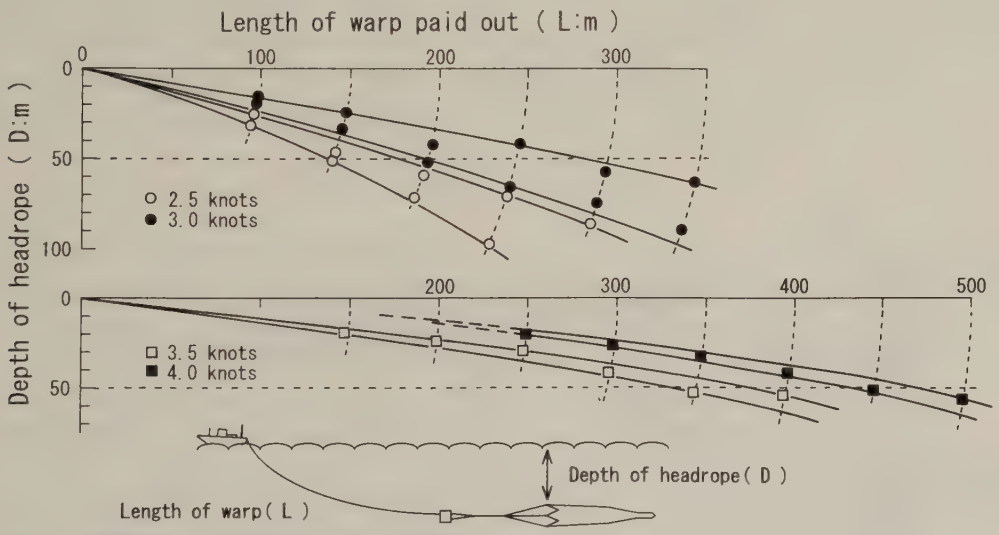


Fig. 6. 曳網速度とワープ長組み合わせによる網水深
Variation in depth of the trawl mouth with various combinations of towing speed and warp length. Data were obtained from the two set of tows for 2.5 and 3.0 knots respectively.

考　　察

曳網速度とワープ長による漁具制御

Yoko-Ⅱ型改に関する漁具制御を低速曳網時（2.5と3.0ノット）と高速曳網時（3.5と4.0ノット）に分けて考察する．前述したように，同じワープ長では低速曳網時には高速曳網時より網口を深い水深帯に設定できるが，網口の変動幅は大きい．一方，高速曳網時には，低速曳網時に比べて網口深度の変動幅は小さいので，ほぼ一定した水深帯に網口を設定できる．ただし，ワープ長を500m 繰り出しても網口深度を60m 以深に保持できない．以上の測定結果に基づいて，Yoko-Ⅱ型改中層トロール網を魚群の位置まで誘導するための，曳網速度とワープ長による漁具制御法を

次のように考える.

1) 遊泳層が50m より深く，縦長に分布する魚群を漁獲対象とする場合には，網口の変動幅は大きくなるが，網口が縦長となる低速曳網で，ワープ長を150～300m の範囲で調節する.

2) 遊泳層が50m 以浅で，小規模の魚群を漁獲対象とする場合には，変動幅の小さい高速曳網としワープ長を500m 以下で調節する.

Yoko-Ⅱ型の測定結果との比較

昭和63年９月に長崎県西方海域で実施された Yoko-Ⅱ型による曳網試験結果[6]と本調査結果を比較すると，網口高さに違いがみられる．すなわち，同一曳網条件下において，Yoko-Ⅱ型改の網口高さは Yoko-Ⅱ型より大きく，その差は5～7m に達した．例えば，ワープ長200～300m で曳網速度3.0ノットにおける Yoko-Ⅱ型改の網口高さは22～24m であるのに対して，Yoko-Ⅱ型では17～18m であった．さらに，ワープ長が250～400m の範囲で４ノットに加速すると，網

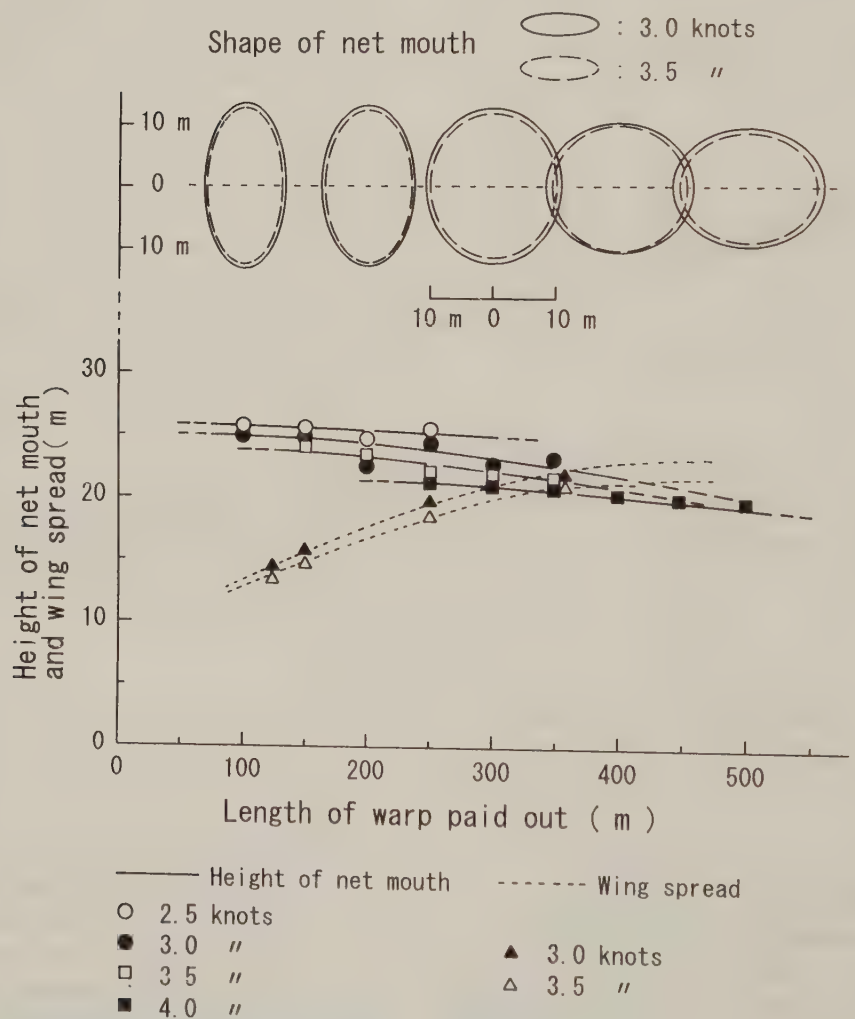


Fig. 7. 網口高さと袖網間隔から推定した曳網中の網口形状
Net mouth shape during tows as estimated by the net mouth height and spread.

口高さはYoko-Ⅱ型改では21～22mであったが，Yoko-Ⅱ型では14～15mとかなり低い値を示した．このため，Yoko-Ⅱ型改では3.0ノットではワープ長が350m前後で，また3.5ノットでは380m前後で網口がほぼ円形となったのに対して，Yoko-Ⅱ型では両曳網速度ともにワープ長が大幅に短い200m前後で網口はほぼ円形となったと推定される．

上述したように，両調査結果にみられる網口高さの大幅な違いは，ポケット網の装着と両漁具における浮沈関係の違いが何らかの影響を与えたためと考えられる．

付属漁具構成の改良による制御

漁具制御の際に重要なことは，より短時間で網口を所定層に設定することである．このため，大型の商業用中層トロールでは，深度の約2倍のワープ長で網口が所定層に達するように，オッター・ボードやフロント・ウエイトの重量が調節されている[7]．一方，今回の試験から得られたYoko-Ⅱ型改の深度に対するワープ長の割合は，低速曳網時（2.5～3.0ノット）で約2.5～6.5倍，高速曳網時（3.5～4.0ノット）で7.5～12.5倍であった．この倍率は商業用中層トロール網に比べると，特に高速曳網時では大きい．ここで，仮に水深50mに網口を設定するとすれば，商業用中層トロールでは曳網速度3.0～3.5ノットでワープ長が約100mで所定層に達するのに対して，Yoko-Ⅱ型改では3.5ノットでワープ長は370m前後必要である（Fig. 6）．

資源調査用漁具としての適性を高めるため，Yoko-Ⅱ型改については，網口深度に対するワープ長の割合を小さくし，網口が所定層に達するまでの時間を短縮することによって，魚群の動きに対する迅速な対応を可能とするための改良，工夫が必要である．そのための一方法としては，フロント・ウエイト（現行片側25kg，4個）の加重調整があり，それによって制御時間を短縮し得るばかりでなく，網口深度を現行より深く保持することも可能になると期待される[8]．

文　献

1) 竹下貢二・小川信次・三谷卓美・濱田律子・久保田勝彦・築山一雄　1986：音波散乱層（SL）における生物サンプリング調査（夏季調査）並びにマイワシ産卵群を対象とするサンプリング調査及び魚群量分布調査（冬季調査）．1984年度漁業資源評価システム高度化調査結果報告書，221–253，水産庁研究部．

2) 竹下貢二・小川信次・三谷卓美・濱田律子・乾栄一・久保田勝彦・築山一雄・浜野　明　1987：音波散乱層（SL）における生物サンプリング調査とマイワシ産卵群を対象とするサンプリング調査及び魚群量分布調査．1985年度漁業資源評価システム高度化調査結果報告書，223–251，水産庁研究部．

3) 竹下貢二　1988：マイワシ資源を対象とする音響調査．1986年度漁業資源研究会議第19回浮魚部会報告，89–96，漁業資源研究会議，水産庁．

4) K. Takeshita　1988：Acoustic survey of spawning sardine, *Sardinops melanosticta* in the coastal waters of west Japan. *Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab.*, 66, *101–117*.

5) 竹下貢二　1988：山陰～九州西海域におけるマイワシ資源の動向．水産油脂の栞，1988–3，1–6，日本水産油脂協会．

6) 三谷卓美・小川信次・濱田律子　1990：計量魚探および表中層トロールによる浮魚類魚群量調査–Ⅰ．陽光丸調査研究報告，13，62–66，水産庁西海区水研究所．

7) 西牟田力雄　1990：NEAFC水域における中層性アカウオを対象とした中層トロール網について（深海丸）．JAMARC，37，48–57，海洋水産資源開発センター．

8) A. Fujiishi　1990：Model tests of a high-speed midwater rope trawl for estimating the optimum buoyancy-weight ratio. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **56**(12), *2011–2018*.

付図1　ポケット網　Pocket net

付図2　蛍光網（矢印部）
Fluorescent (glow) net (indicated by an arrow).

西水研研報 第71号 平成5年12月
Bull. Seikai Natl. Fish. Res. Inst., No. 71, December 1993

Reproductive Cycle of the Bivalve *Barnea dilatata* in Ariake Bay

Makoto YAMASAKI*

ABSTRACT

A histological investigation was made on the reproductive cycle of the bivalve, *Barnea dilatata*, found in Ariake Bay, Kyushu, from July 1986 through December 1987. Characteristic features of gamete and gonad were carefully documented.

While gametogenesis of *B. dilatata* was basically similar to that reported on other bivalves, a nutritive-cell like substance was observed in the female, and a multinucleated cell was seen in the male of *B. dilatata*, both of which were considered to have originated from the germ cells within the gonad alveolus.

Five gonadal developmental stages in both sexes of *B. dilatata* were established based on the characteristics of gametogenesis.

On the basis of the gonadal development and the index of visceral mass [(weight of visceral mass and foot: g)$\times 10^2$/(shell length: cm)^3], the reproductive cycle in the female was divided into the following five seasons: (1) November–December (recovering period), (2) January–July (developing period), (3) August (premature period), (4) September (mature period), and (5) October (spawning period). In similar procedures, using the seasonal changes of the histological observation and the index of visceral mass, the cyclical reproductive processes in the male were divided: (1) November–December (recovering period), (2) January–June (developing period), (3) July–August (premature period), (4) September (mature period), and (5) October (sperm ejecting period).

Introduction

The bivalve, *Barnea dilatata* (Pholadidae) inhabits the muddy bottom of the coast ranging from the center of Honshu to Kyushu in Japan[1]. *B. dilatata* is an important fisheries-species of the coast of Fukuoka Prefecture and Saga Prefecture of Ariake Bay in Kyushu.

No study of the spawning season has been previously determined for *B. dilatata*. Consequently, data are lacking concerning the progression from larva to adult. Also, no study of the reproductive cycle exists that documents their life

Received December 3, 1993. (1993年12月3日受理)
Contribution from Seikai National Fisheries Research Institute, No.486 (西海区水産研究所業績第486号)
*Tohoku National Fisheries Research Institute, Shinhama-cho, Shiogama 985, Japan (山崎 誠, 東北区水産研究所 〒985 塩釜市新浜町3-27-5)

mode including growth and feeding patterns which are related to the reproductive cycle.

It is the purpose of this study to determine the reproductive cycle of *B. dilatata* in Ariake Bay using a histological observation.

Mr. K. Nakatake*, Saga Prefectural Ariake Fisheries Experimental Station** and Mr. Y. Hatada, Saga Ashikari Fisheries Co-operative Association, helped greatly with the sampling of this work. Dr. H. Kito***, Seikai National Fisheries Research Institute is recognized for his advise to initiate this study.

Materials & Methods

An average of 22 (12–31) bivalves, *B. dilatata*, were collected monthly by scuba divers, from July 1986 to October 1987, from a muddy bottom in the Saga Prefectural area of Ariake Bay. Using vernier calipers, shell length measurements (i. e., the largest diameter anterior–posterior) were taken for all specimens prior to histological processes. The visceral mass with foot was placed with Bouin's solution after weighing. Prior to histological processing, a standard pre–lateral gonadal tissue sample (Fig. 1) was dissected in each specimen. This tissue portion included elements of the connective tissue, digestive duct and gonadal layers. Tissue samples were dehydrated in an alcohol series, cleared in xylene, and embedded in paraffin. Sections were cut 8–10μm in thickness using a rotary microtome. Sections were then stained with Delafield's hematoxylin and counter–stained with Eosin.

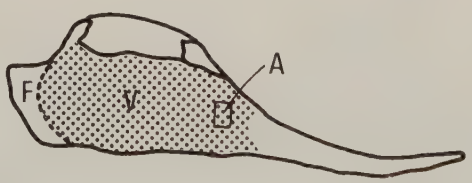


Fig. 1. The schema of the visceral mass and foot of *Barnea dilatata*.
A : the section used for the histological observation.
F : trace of foot.
V : the visceral mass.
Dotted lines indicate the area of the gonad.

*present business office : Saga Prefectural Genkai Fisheries Research and Development Center
**present name : Saga Prefectural Ariake Fisheries Research and Development Center
***present business office : Shimonoseki University of Fisheries

Results

Gametogenesis

(1) Female

An observation of morphological characteristics indicated that the gametogenesis of the female consisted of four stages:

1) Oogonium stage

The female gamete appeared in a circular cell along the inside of the follicle wall. This cell was about 5μm in diameter and was primarily a nucleus. In the nucleus of this cell, nucleoli stained with hematoxylin were observed (Fig. 2A).

2) Early yolk-formation stage

The cytoplasm of the oocyte stained with eosin was clear (Fig. 2B). The nucleus and cytoplasm had developed enabling oocyte growth of about 25μm in diameter.

3) Late yolk-formation stage

The nucleus and cytoplasm had grown in this stage revealing an oocyte that was pear-shaped before separating from the follicle wall (Fig. 2C).

4) Mature stage

The oval-shaped cell had separated from the follicle wall growing to about 40 μm in diameter. This was inclusive of the large nucleus (ca. 25μm) with nucleolus and chromonema (Fig. 2D).

In many ovaries, there were excessive nutritive-cell like substances that were 5~10μm in diameter stained with hematoxylin or eosine. These substances appeared to have originated from the oocytes (Fig. 2E).

(2) Male

Gametogenesis of the male was also divided into five stages based on morphological characteristics.

1) Spermatogonium stage

The male gamete appeared in a circular cell along the inside of the follicle wall. This cell was about 5μm in diameter consisting primarily of a nucleus. In the nucleus of this cell, nucleoli and chromatin were observed (Fig. 2F). The number of spermatogonium had increased by mitosis. In these nucleus, there were chromosomes stained with hematoxylin (Fig. 2G).

Atypically, several spermatogonium-like cells gathered, creating one cell (Fig. 2H). Soon, each nucleus of the newly created cells were uniformly stained with

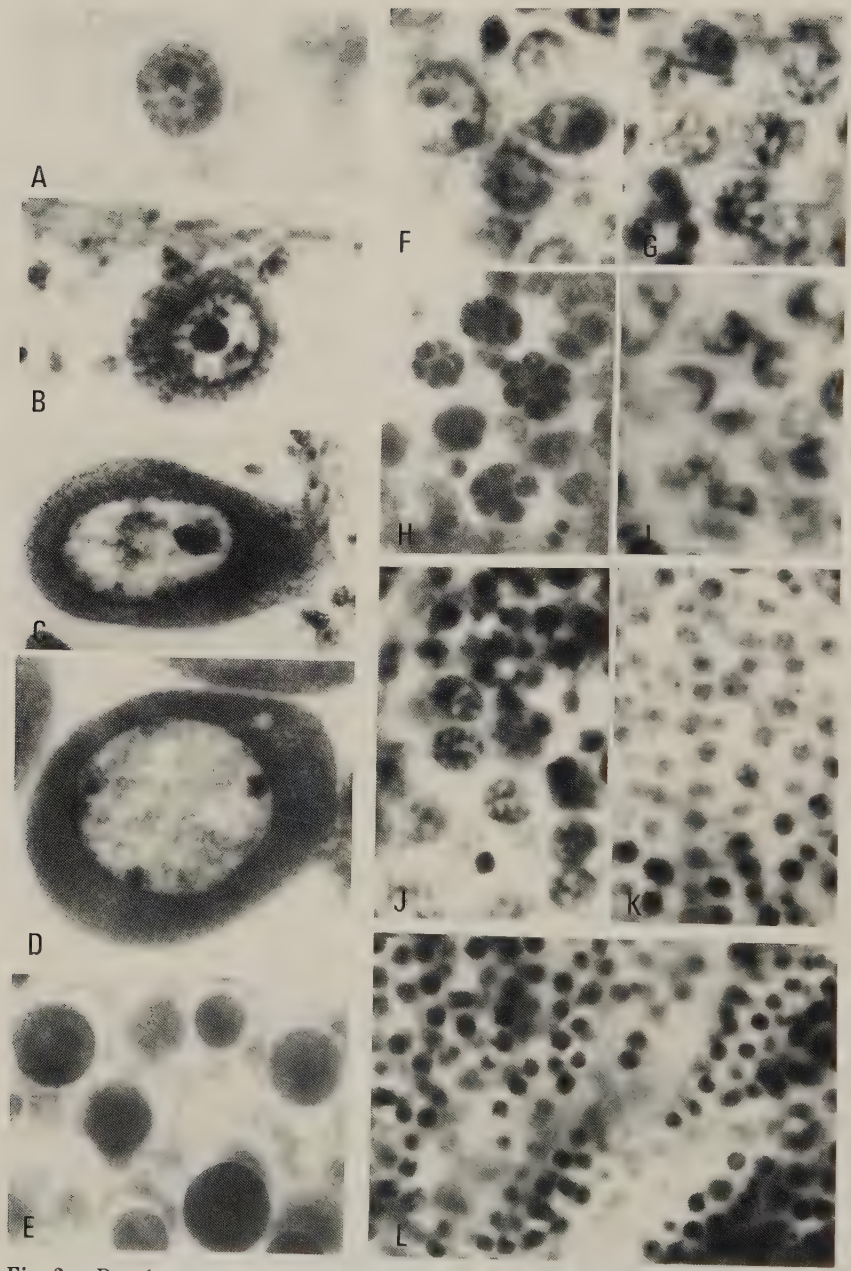


Fig. 2. Developmental process of gamete of *B. dilatata*: A; oogonium stage of oocyte, B; early yolk-formation stage, C; late yolk-formation stage, D; mature stage, E; nutritive cell like substance, F and G; spermatogonia, H; multinucleated cell, I; primary spermatocyte, J; secondary spermatocyte, K; spermatid, L; spermatozoon.

hematoxylin looking like a multinucleated cell.

2) Primary spermatocyte stage

The size of this spermatocyte was almost the same as that of the former stage. The chromosomes distributed in the nucleus adhered to each other adjacent to the nucleus (Fig. 2I). Next, the chromosomes separated and spread again into the nucleus.

3) Secondary spermatocyte stage

The cell of this stage was smaller than the primary spermatocyte, a product of the first mature mitosis. Chromosomes then spread into the nucleus (Fig. 2J).

4) Spermatid stage

The cell of this stage was also smaller than the secondary spermatocyte as a result of the second mature mitosis. A clear cytoplasm and a nucleus with chromosomes were evident (Fig. 2K).

5) Spermatozoa stage

The head of the cell of this stage was about 1μm in diameter and was stained with hematoxylin. The tail was stained with eosine (Fig. 2L). This was formed as the completion of the metamorphosis.

Development of gonad

(1) Female

Judging from the morphological characteristics of the oocyte, the development of female gonad alveolus evolved into five stages as follows: ① recovering stage, ② developing stage, ③ premature stage, ④ mature stage, and ⑤ spent stage.

① Recovering stage

In the female gonad alveolus, there was a large space. There were a few oocytes of the oogonium stage inside of the alveolus wall (Fig. 3A).

In many individuals, the nutritive-cell like substances stained with hematoxylin or eosine appeared (Fig. 3B).

② Developing stage

In the wall of the gonad alveolus, there was an oocyte from the early yolk-formation stage that had a clear cytoplasm. Subsequently, the number of oocytes increased to set side by side in the wall (Fig. 3C).

When the nutritive-cell like substances was present, the substances increased throughout in the alveolus (Fig. 3D).

③ Premature stage

In this stage, a pear-like oocyte appeared that was the result of the late yolk-formation stage growing from inside the wall. Soon, the number of the oocyte

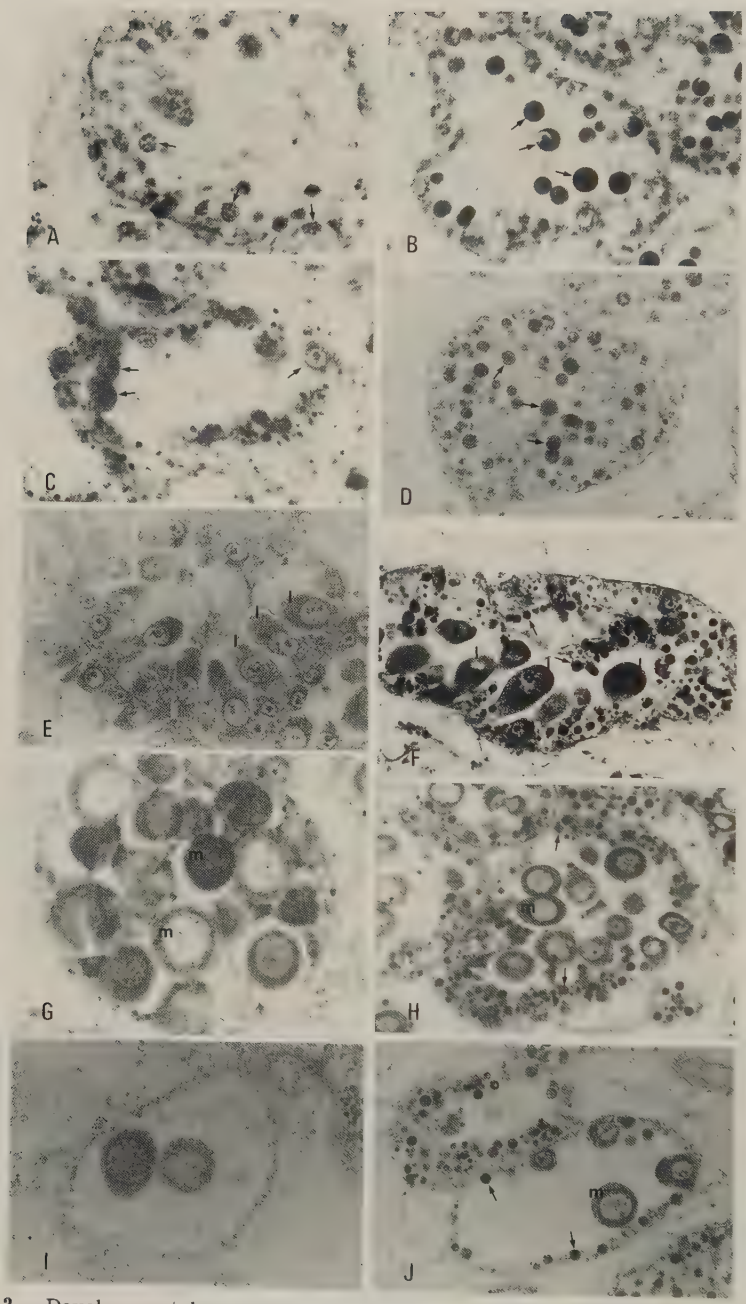


Fig. 3. Developmental process of female gonad of *B. dilatata*.
A and B; recovering stage alveolus, C and D; developing stage, E and F; premature stage, G and H; mature stage, I and J; spent stage. Arrows indicate oogonia (A), oocytes of early yolk-formation stage (C) and nutritive-cell like substances (B, D, F, H and J). 1; oocyte of late yolk-formation stage, m; mature oocyte.

increased (Fig. 3E).

When there was an excess of nutritive-cell like substances, the number of oocyte also increased; most of them became the oocytes of the late yolk-formation stage (Fig. 3F).

④ Mature stage

There were abundant large, oval oocytes in the alveolus of this stage (Fig. 3G).

In many individuals whose alveolus contained the nutritive-cell like substances, their alveolus was occupied with the oocytes of the mature stage (Fig. 3 H).

⑤ Spent stage

In female gonad alveolus, a large space was observed again. There were only a few residual mature oocytes in the alveolus (Fig. 3I).

In many individuals with nutritive-cell like substances, there were only a few residual mature oocytes (Fig. 3J).

Based on the above definition of female gonad alveolus, the developmental stage of the ovary was determined by a certain stage of alveolus that occupied the widest space of some randam selected preparations of histology. Next, the rate of the number of individuals which had the ovary of a certain developmental stage compared to the number of specimens which was sampled at each month was seasonally shown in Fig. 4.

From July to August 1986, more than 90% of the number of specimen were representative of individuals with an ovary in the developing stage. In September, those individuals with the ovary in the premature and the mature stages appeared rapidly. Soon, more than 70% of the specimen were individuals which had an

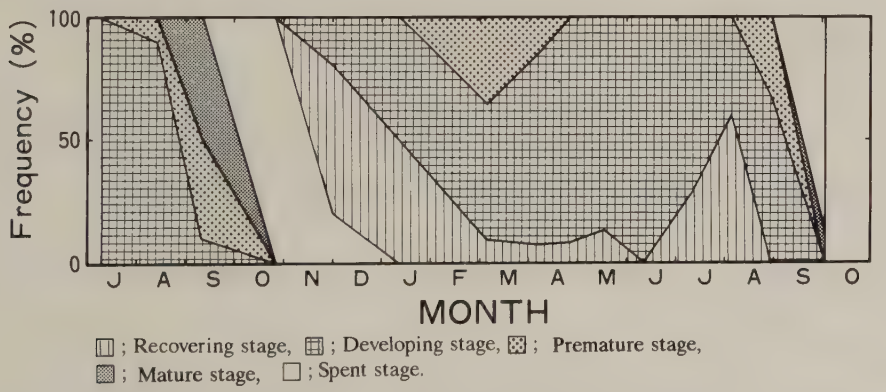


Fig. 4. Monthly changes of the maturation process of female population. Percentage shows the ratio of the individuals within each developmental stage of gonad compared to the number of specimens.

ovary in the spent stage. In November, the percentage changed. Individuals that had an ovary in the recovering and the developing stages represented approximately 50% of the specimen. Then, the ratio increased to almost 90% from December to January. From February to March, individuals having an ovary of the premature stage appeared in 20～30% of the specimen, but they disappeared in April and the individuals that had the ovary of the developing stage increased gradually to 50～70% of specimen in this period. From April to June, the individuals that had the ovary of the developing stage dominated 80% of specimen; from July to August, individuals with an ovary in the recovering stage populated nearly 50% of specimen. From August to September, the individuals that had the ovary of the premature and the mature stages appeared, and soon in October, 90% of the specimen was composed of individuals which had an ovary of the spent stage.

(2) Male

Judging from the morphological characteristics of spermatocyte, the development of the male gonad alveolus also evolved into the following five stages: ① recovering stage, ② developing stage, ③ premature stage, ④ mature stage, and ⑤ spent stage.

① Recovering stage

In the male gonad alveolus, a large space was observed. There were spermatocytes typical of the spermatogonium stage seen along the wall and the connective tissue extending from the wall to the center of alveolus (Fig. 5A). The spermatocyte multiplied making a few layers.

② Developing stage

Through mitosis, the spermatocyte progressed and increased to the primary spermatocyte stage. A space in the alveolus remained in addition to the multinucleated cell (Fig. 5B).

③ Premature stage

From the wall to the center of the alveolus, there was many spermatocytes of various developmental stages. There was spermatozoa in the center (Fig. 5C). The spermatozoa covered half of the inside diameter of the alveolus.

④ Mature stage

In this stage, the alveolus was filled with many spermatozoa and a few layers of spermatogonia (Fig. 5D).

⑤ Spent stage

In male gonad alveolus, there was some space and an ununiform mass of residual spermatocytes and spermatozoa (Fig. 5E).

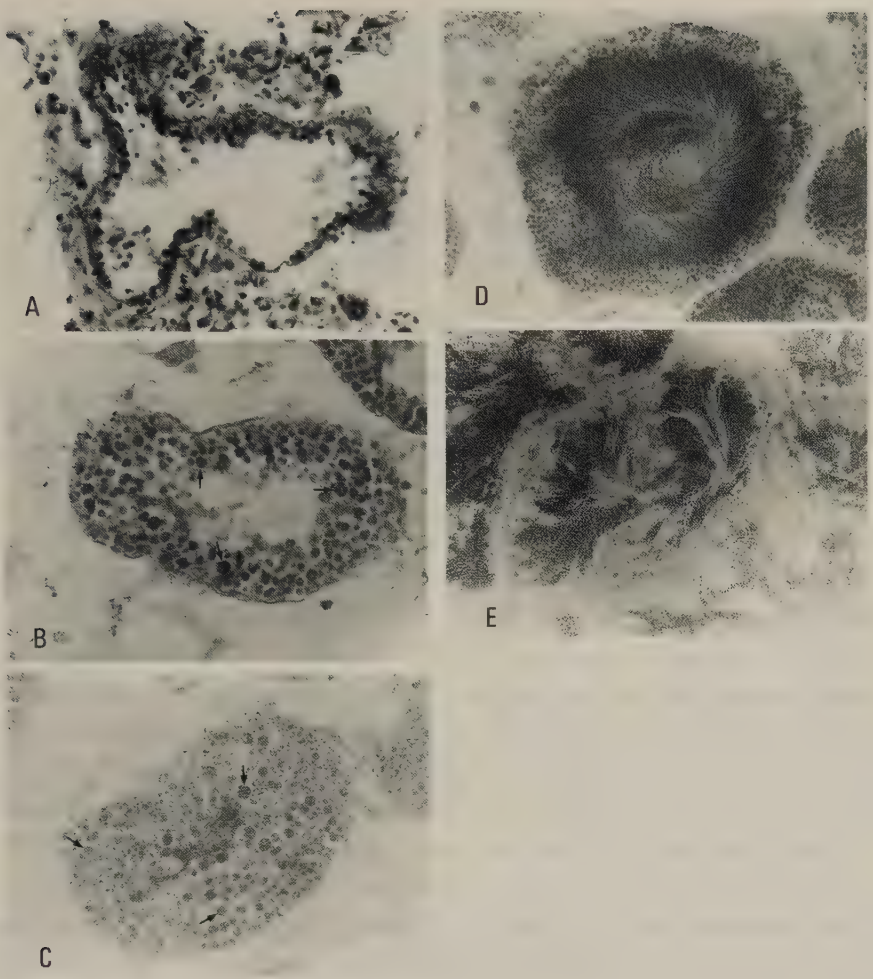


Fig. 5. Developmental process of male gonad of *B. dilatata*.
A ; recovering stage alveolus, B ; developing stage, C ; premature stage, D ; mature stage, E ; spent stage. Arrows indicate the multinucleated cells.

From the above definition of male gonad alveolus, the developmental stage of the testis was determined by a certain stage of gonadal alveolus that occupied the greatest area as found in randam sampled preparations. The ratio of the number of individuals with the testis of a certain developmental stage compared to the number of specimens sampled at each month was shown in Fig. 6.

From July to August 1986, nearly 100% of the ratio of specimen was occupied with the individuals that had the testis in the developing and the premature stages. From September to November, the ratio of the individuals having the testis of the spent stage increased and rapidly decreased within the level of 0~95%

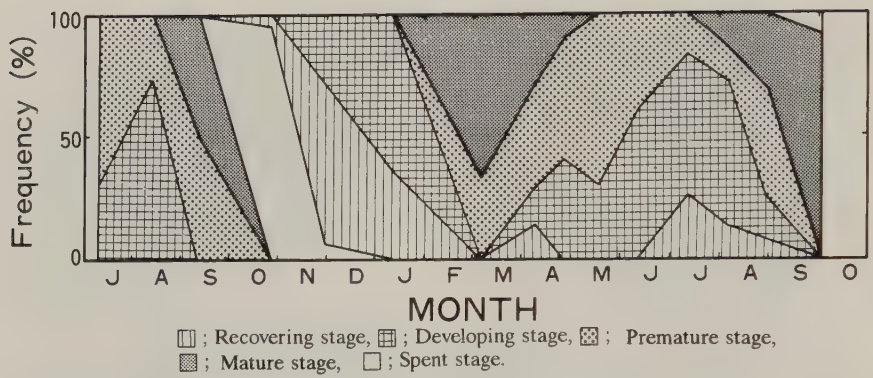


Fig. 6. Monthly changes of the maturation process of male population. Percentage shows the rate of the individuals within each developmental stage of gonad compared to the number of specimens.

after that of the individuals having the testis of the mature stage increased to 50% and rapidly decreased to the level of 0%. From December to January, nearly 100% of specimen represented individuals with the testis in the recovering and the developing stages. After that, in March, the individuals that had the testis of the mature stage occupied above 60% of specimen, but there were no individuals that had the testis of the spent stage; the individuals that had the testis of the mature stage disappeared at May. From April to June, the individuals that had the testis of the developing and the premature stages occupied 60~80% of specimen. From June to July, the individuals that had the testis of the recovering and the developing stages increased, and from August to September, the individuals that had the testis of the mature stage appeared rapidly and the individuals that had the testis of the spent stage appeared, also.

Quantitative seasonal changes of gonad

As mentioned, it was difficult to identify and isolate only the gonadal tissue for the determination of its weight. However, this was achieved by documenting quantitatively, using the index of visceral mass [IVM= (weight of visceral mass and foot: g)$\times 10^2$/(shell length: cm)^3] (Fig. 7).

(1) Female

The index which was at about 5 during July to September in 1986, decreased gradually to a level of under 2 in October. After January, the index increased rapidly to the level of over 5 at the beginning of March. The index decreased a

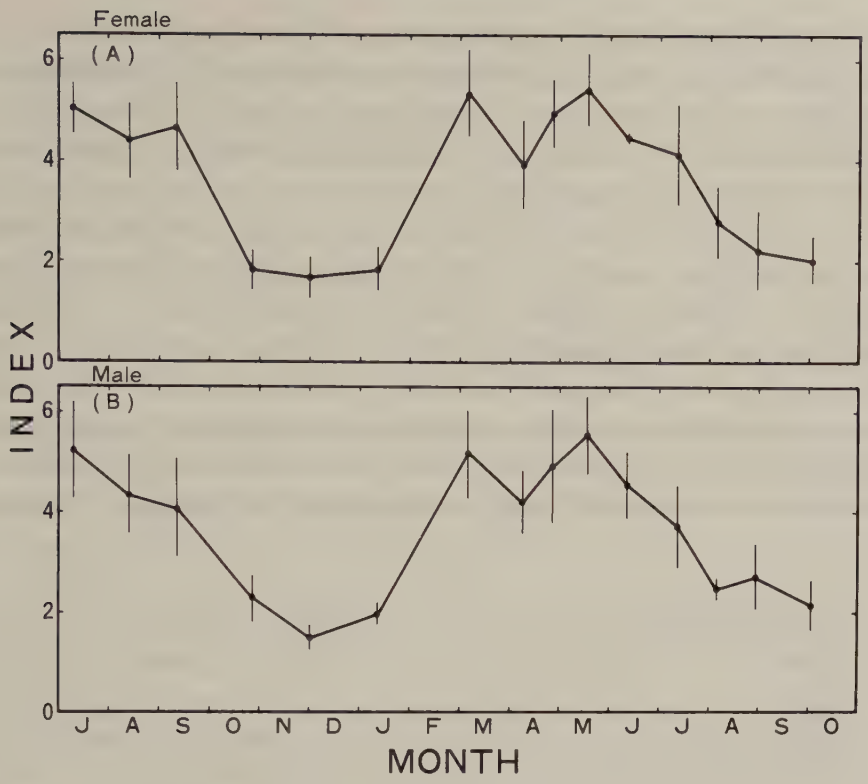


Fig. 7. Monthly changes of index of the visceral mass (IVM). Vertical lines show the standard deviations.

little in April, but maintained a level of 5 untill June. It decreased gradually during July to September and became stable at 2 in October (Fig 7A).

(2) Male

The index at the level of around 4 recorded during July to September 1986, decreased gradually to the lowest level of under 2 in November. After that, the index increased rapidly from the level of 2 in January to 5 at the beginning of March. It decreased to nearly 4 in April, but maintained the level of about 5 untill June; it decreased gradually again in July to a point near 2 in October (Fig 7B).

Discussion

The gametogenesis and the gonad maturation process have been reported in order to establish clearly the reproductive cycle of Lamellibranchia Bivalvia[2-7].

In this paper, the reproduvtive cycle of the bivalve, *Barnea dilatata* was

observed and recorded using a similar procedure. The results shown in Figs. 4, 6 and 7, identified the female reproductive cycle of the bivalve *B. dilatata* found in Ariake Bay as occurring in five seasons within a year: (1) November–December (recovering period), (2) January–July (developing period), (3) August (premature period), (4) September (mature period), and (5) October (Spawning period). When analyzing the male reproductive cycle, a similar time frame was apparent: (1) November–December (recovering period), (2) January–June (developing period), (3) July–August (premature period), (4) September (mature period), and (5) October (Sperm ejecting period) (Fig. 8).

Prior to this study, the spawning period of the bivalve, genus *Barnea* has been reported as occurring from early to mid–September in the *B. candida*[8] of south England. The spawning period was also observed in *B. truncata*[9] of Virginia, USA from mid–May and through August and September. In this paper, the spawning

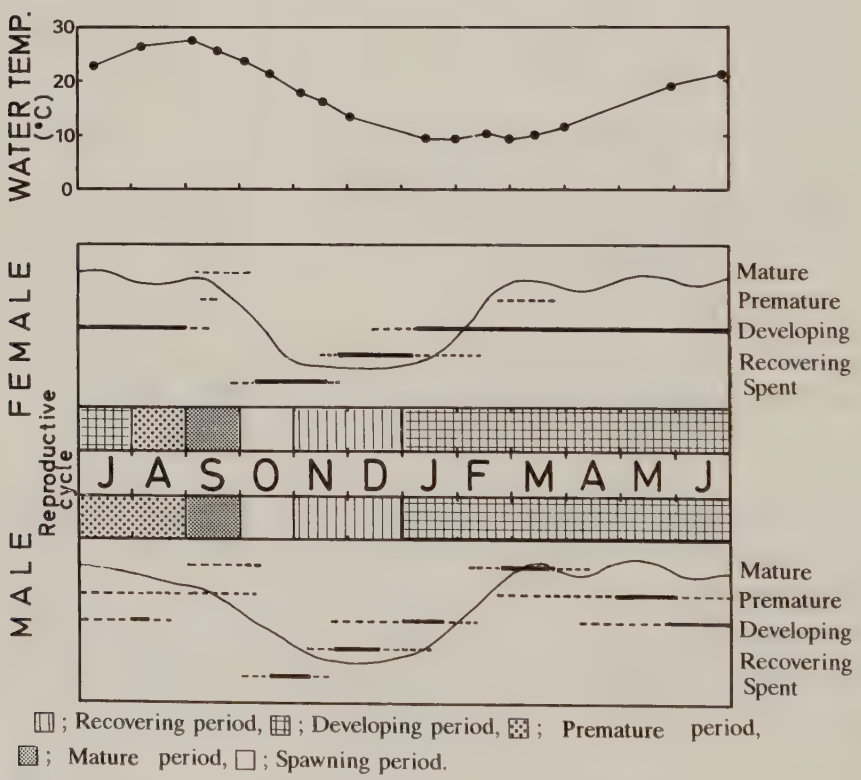


Fig. 8. The schema of the reproductive cycle of *Barnea dilatata*.
Freehand lines indicate the change of the index of visceral mass (IVM). Bars and broken lines indicate the periods occupied over 50% and 25–50% of the rate of the individuals that had the gonad of each developmental stage (the right side) to the number of specimen, respectively.

period of *B. dilatata* in Ariake Bay was documented in October. However, it is possible that there was a spawning period in the spring. For example, in Manila clam, it is known that there are geographical variations of the spawning period and the spawning frequency related to the variation of water temperature and/or the nutritive condition[7,10,11]. Further studies of *B. dilatata* are necessary to clarify the relationship between the changes of temperature and spawning, and the relationship of nutritive conditions to spawning.

As mentioned, because of the connective tissue and digestive duct which included food materials in addition to the gonadal tissue, the weight of the visceral mass will change hourly. However, the seasonal change of IVM coincided with the reproductive cycle in this paper. So, the next problem that needs clarification is the relationship between the seasonal changes of the amount of food ingested and the corresponding weight of the visceral mass. Once the relationship among these variables are known, we will be able to judge the reproductive cycle with the IVM only.

Concerning the female nutritive-cell like substances in bivalve, other studies report seeing a similar substance. For example, this substance is reported in the soft-shell clam, *Mya arenaria*[12,13] as closely related genus to *Barnea*. Specifically, Coe and Turner[12] report that the follicle cell inclusions are globules of lipoid and albuminous composition derived in part from the cytolysis of degenerating oocytes, which serve a nutritive function during periods of gametogenesis. The substance identified in this paper is considered to be derived from the oocyte. Concerning the male multinucleated cell in bivalve, the same findings have been reported in *Mya arenaria*[12,13] and *Venus mercenaria*[14]. The multinucleated cell in this paper can be considered the same as those reported as atypical spermatogenesis by Coe and Turner[12]. The exception is that most of individuals in this paper had no nutritive-cell like substance and multinucleated cell from October to March. The cause and function of this substance and cell found in the *Barnea* must be made clear.

This research has clearly established the character and the developmental stage of the gonad of *Barnea dilatata* existing in Ariake Bay. On the basis of this results, future researchers will have confidence in the seasonal changes of growth and food intake.

References

1) T. HABE 1977: Systematics of Mollusca in Japan: Bivalvia and Scaphopoda. 372pp. Hokuryukan, Tokyo.

2) H. KANNO and S. TANITA 1961: Studies on *Chlamys farreri nipponensis* KURODA II. Seasonal change of the gonads. *Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab.*, (19), 135–141.

3) J. W. ROPES and A. P. STICKNEY 1965: Reproductive cycle of *Mya arenaria* in New England. *Biol. Bull.*, **128**, 315–327.

4) N. TAKAHASHI and K. YAMAMOTO 1970: Histological studies on the reproductive cycle of the surf clam, *Spisula sachalinensis*–I. Seasonal changes in the testis. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **36**, 337–344.

5) N. TAKAHASHI and K. YAMAMOTO 1970: Histological studies on the reproductive cycle of the surf clam, *Spisula sachalinensis*–II. Seasonal changes in the ovary. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **36**, 345–352.

6) T. LASIAK 1986: The reproductive cycles of the intertidal bivalves *Crassostrea cucullata* (Born, 1778) and *Perna perna* (Linnaeus, 1758) from the Transkei coast, southern Africa. *Veliger*, **29**, 226–230.

7) M. TOBA, Y. NATSUME and H. YAMAKAWA 1993: Reproductive cycles of Manila clam collected from Funabashi waters, Tokyo Bay. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **59**, 15–22.

8) D. M. DUVAL 1962: Observations on the annual cycle of *Barnea candida* (Class Lamellibranchiata, Family Pholadidae). *J. Molluscan Studies*, **35**, 101–102.

9) P. E. CHANLEY 1965: Larval development of a boring clam, *Barnea truncata*. *Chesapeake Sci.*, **6** (3), 162–166.

10) N. BOURNE 1982: Distribution, reproduction, and growth of Manila clam, *Tapes philippinarum* (Adams and Reeves), in British Columbia. *J. Shellfish Res.*, **2**, 47–54.

11) M. TOBA and Y. MIYAMA 1991: Gonadal development and spawning induction in artificially conditioned Manila clams *Ruditapes philippinarum*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **57**, 1269–1275.

12) W. R. COE and H. J. TURNER, JR. 1938: Development of the gonads and gametes in the soft-shell clam (*Mya arenaria*). *J. Morph.*, **62**, 91–111.

13) H. T. PFITZENMEYER 1965: Annual cycle of Gametogenesis of the soft-shelled clam, *Mya arenaria*, at Solomons, Maryland. *Chesapeak Sci.*, **6** (1), 52–59.

14) V. L. LOOSANOFF 1937: Spermatogenesis in the hard-shell clam (*Venus mercenaria* Linnaeus). *Yale J. Biol. Med.*, **9**, 437–442.

有明海産ウミタケガイ *Barnea dilatata* の生殖周期

山崎　誠

抄　　録

1986年７月から1987年12月まで，有明海佐賀県海域においてウミタケガイを採集し，生殖細胞と生殖腺の組織学的観察に基づいて生殖周期を明らかにした．

組織学的観察によって明らかになったウミタケガイの配偶子形成は，他の二枚貝類と基本的には同じ過程をたどったが，生殖小嚢中には雌で栄養細胞に類似した顆粒状物質が，雄で多核の細胞が見られることが多く，どちらも生殖細胞由来のものと思われた．

小嚢中の生殖細胞の特徴から雌雄それぞれ５期に区分した生殖小嚢の成熟過程に基づいて個体の成熟段階を規定した．また，生殖腺の発達段階を量的に把握する手段として内臓塊指数［IVM＝(内臓塊と足の湿重量：グラム)×10^2/(殻径：センチメートル)^3］を求め，それぞれの成熟段階にある個体の出現割合と内臓塊指数の周年変化から，有明海産ウミタケガイの生殖周期を次のように規定した．雌では，⑴回復期：11月～12月，⑵成長期：１月～７月，⑶前成熟期：８月，⑷成熟期：９月，⑸産卵期：10月，また，雄では，⑴回復期：11月～12月，⑵成長期：１月～６月，⑶前成熟期：７月～８月，⑷成熟期：９月，⑸放精期：10月である．

西水研研報　第71号　平成5年12月
Bull. Seikai Natl. Fish. Res. Inst., No. 71, December 1993

長崎県平戸島産ムラサキウニの生殖周期

山崎　誠*・清本節夫

Reproductive Cycle of the Sea Urchin *Anthocidaris crassispina* from Hirado Island, Nagasaki Prefecture

Makoto Yamasaki* and Setuo Kiyomoto

ABSTRACT

Histological observations were made on the gonads of the sea urchin, *Anthocidaris crassispina*, from Hirado Island, Nagasaki Prefecture at various seasons of the year.

On the basis of the cytological charactristic processes of the development of germ cells, the maturation processes in the gonads of both sexes were defined into the following five stages; (1)recovering, (2)developing, (3)premature, (4)mature, and (5) spent. Using the ratio of the number of individuals of each gonadal development stage to the total number, in conjunction with the gonad index (100× gonad wet weight(g) /(test diameter: cm)^2 /test height (cm)), the annual reproductive cycle was evaluated for the females as: September to January as recovering period, February to March as developing period, April as premature period, May to June as mature period, and July to August as spawning period. The males exhibited a paralleled annual reproductive cycle to that of the females, i.e. September to January as recovering period, February to March as developing period, April as premature period, May to June as mature period, and July to August as sperm ejecting period.

平成5年12月10日受理 (Received December 10, 1993)
西海区水産研究所業績第487号 (Contribution from Seikai National Fisheries Research Institute, No. 487)
*東北区水産研究所　〒985 塩釜市新浜町 3-27-5 (Tohoku National Fisheries Research Institute, Shinhama-cho, Shiogama 985, Japan)

はじめに

ムラサキウニ *Anthocidaris crassispina* は，正形亜綱エキヌス目に属するウニ類の一種で，わが国の本州中部から九州にかけてと，台湾・香港に生息している[1]．わが国南西部では，アカウニ *Pseudocentrotus depressus* やバフンウニ *Hemicentrotus pulcherrimus* とならんで重要な漁獲対象種となっているが，一方で沿岸域に見られる磯焼け現象をもたらす原因種の1つとも言われている．

このムラサキウニの個体群動態を把握し，有効な資源の利用と管理を行うためには，生殖周期や成長様式などの生態学的事象を明らかにしなければならないが，これらに関する知見は極めて少ない[2,3]．

ウニ類の生殖周期に関する知見では，摘出した生殖腺重量の季節変化や配偶子の形成過程にもとづく生殖腺の成熟過程の季節的な検討から，これを明らかにしたものが一般的である[4-11]．そこで，これらの手法を用いて，長崎県平戸島に生息するムラサキウニの生殖周期を明らかにした．

本文に先立ち，材料の採集に多大の便宜を図られた山中兵恵氏はじめ平戸市獅子漁業協同組合の皆さん，解剖や観察にご協力いただいた木下純子さん，物心両面から様々な援助をいただいた西海区水産研究所資源増殖部藻類・介類増殖研究室の皆さんに感謝する．

材料および方法

実験に用いたムラサキウニは，1990年6月から1991年6月まで，2か月に1回平戸島西岸の調査海域，水深約1～6mの地点（Fig. 1）でスキューバ潜水により採集した．実験室に持ち帰った材料は，殻径と殻高を測定し，生殖腺を摘出した．この生殖腺を秤量の後，ブアン氏液で固定し，通常の方法でパラフィン包埋して厚さ8μmの連続切片とし，デラフィールド氏のヘマトキシリン・エオシンによる2重染色をほどこして組織学的観察に供した．

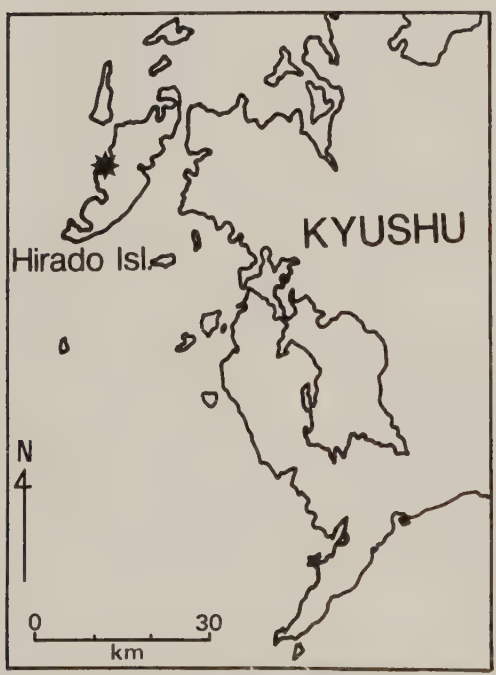


Fig. 1. ムラサキウニの採集地点
Sampling site of *Anthocidaris crassispina* near Hirado Island, western Kyushu.

結果

月別の殻径と生殖腺重量の関係をFig. 2に示した．この図から，2月から6月にかけて顕著な生殖腺重量の増加が見られること，殻径ほぼ40㎜以上の個体でこれが特徴的であることが明らかである．そこで，殻径40㎜以上の個体を成体とみなし，これらの個体について生殖腺の発育の観察等を行った．

生殖腺の成熟過程

組織学的観察から明らかになった生殖細胞の発育過程の特徴と生殖小嚢に存在する生殖細胞の様子から，生殖小嚢の成熟過程を，雌雄それぞれ次の5期に区分した．(1)回復期，(2)成長期，(3)前成熟期，(4)成熟期，(5)放出期．なお，これらの区分は，Fuji[4]に依拠した．

1) 卵巣の成熟過程

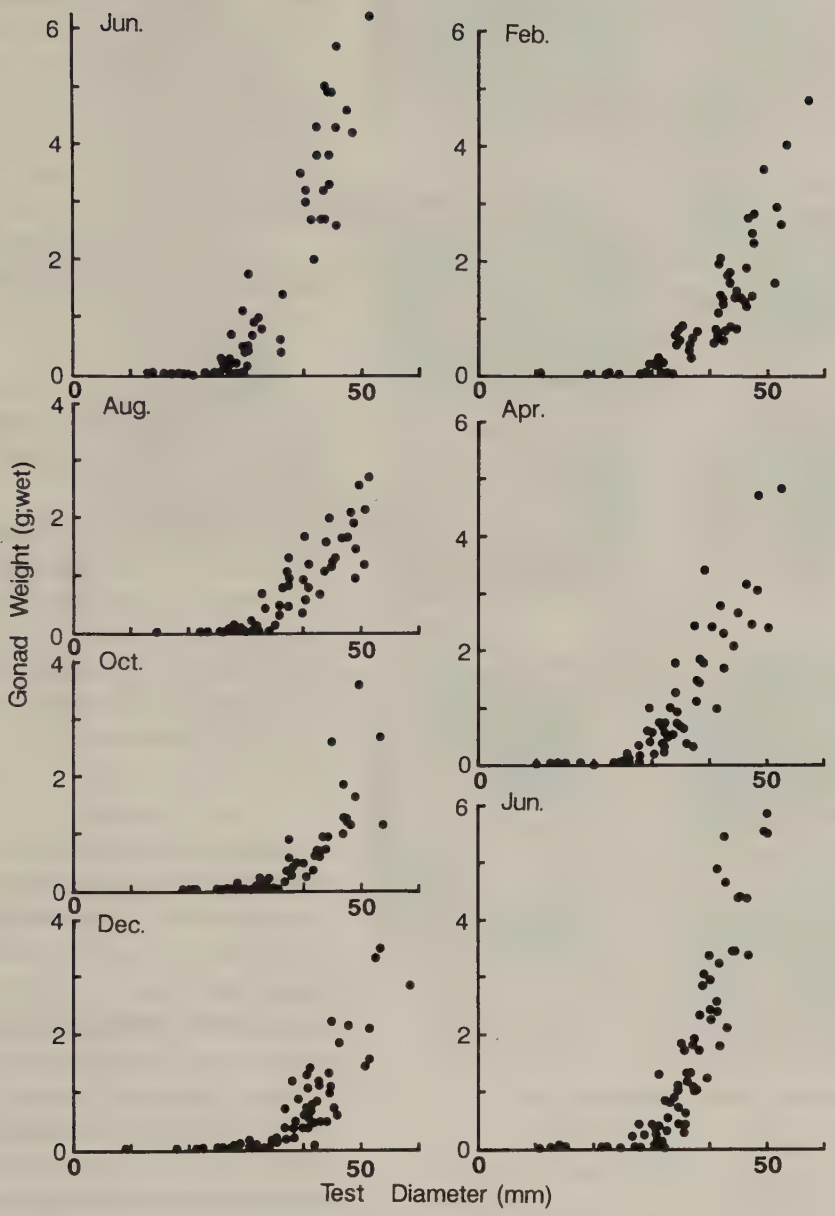


Fig. 2. ムラサキウニの生殖腺湿重量の周年変化
Seasonal changes in the relationship between gonad wet weight and test diameter of *Anthocidaris crassispina*.

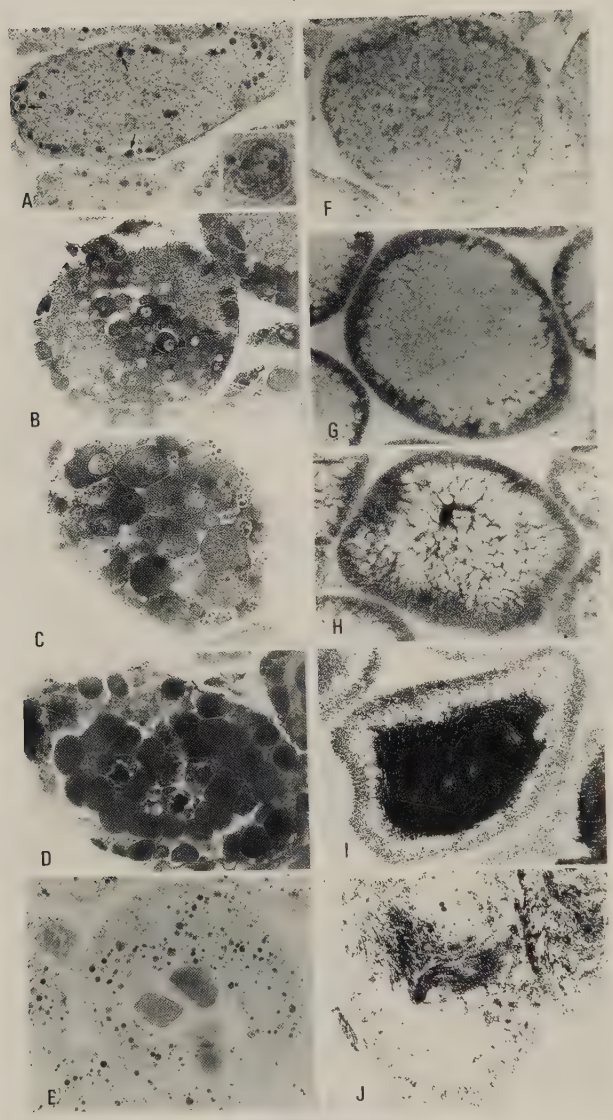


Fig. 3. ムラサキウニ生殖腺小嚢の発達段階
左：雌，右：雄
AとF；回復期，BとG；成長期，
CとH；前成熟期，DとI；成熟期，
EとJ；放出期．
Aの矢印は，卵細胞を示す．
Gonadal development processes of females (left) and males (right) of *Anthocidaris crassispina*. A and F; recovering stage alveolus, B and G; developing stage, C and H; premature stage, D and I; mature stage, and E and J; spent stage.
A; arrows indicate oogonia of which higher magnification at the right side bottom.

(1) 回復期：この期の卵巣小嚢は，間充織と栄養顆粒で満たされ，卵細胞は，直径約10μm，細胞のほとんどを核が占める無卵黄期のものと思われるものや直径が約20μm 前後で細胞質が明瞭な，卵黄形成前期のものと思われるものが，小嚢壁に沿ってわずかに見られる（Fig. 3 A）．

(2) 成長期：この期の小嚢では，卵黄形成前期の卵細胞が小嚢壁に沿って並んだ状態で見られ，さらに小嚢中の卵細胞も直径が30μm 前後で細胞質が肥大してエオシン好染性を増すようになった卵黄形成後期のものが見られるようになる（Fig. 3B）．

(3) 前成熟期：この期の小嚢には成長の進んだ卵黄形成後期の卵細胞（直径約50～80μm）が多数見られ，間充織や栄養顆粒はほとんど見られなくなる（Fig. 3C）．

(4) 成熟期：この期の卵巣小嚢には，核・細胞質とも成長を完了し，極体を放出した後の成熟期の卵細胞（直径75～90μm）が充満してみられる（Fig. 3D）．

(5) 放出期：この期の卵巣小嚢は，再び間充織や栄養顆粒がほとんどを占めるようになり，わずかに中央部に残存卵が数個存在することがある（Fig. 3E）．

2) 精巣の成熟過程

(1) 回復期：この期の精巣小嚢は，間充織や栄養顆粒で満たされ，精細胞は，小嚢壁にそって直径約 7～10μm の，卵原細胞と同様，細胞のほとんどが核で占められている精原細胞がわずかに見られる（Fig. 3F）．

(2) 成長期：小嚢壁に沿ってみられた精細胞は層状を呈し，網目状に中央部に向かって広がっていく（Fig. 3G）．

(3) 前成熟期：精巣小嚢には，多数の精細胞が網目状に分布して見られるとともに，小嚢中央部にはわずかではあるが精子がみられるようになる（Fig. 3H）．

(4) 成熟期：この期の精巣では，小嚢のほとんどを楔状をした精子が占めるようになり，渦巻状を呈する像も認められるようになる（Fig. 3I）．

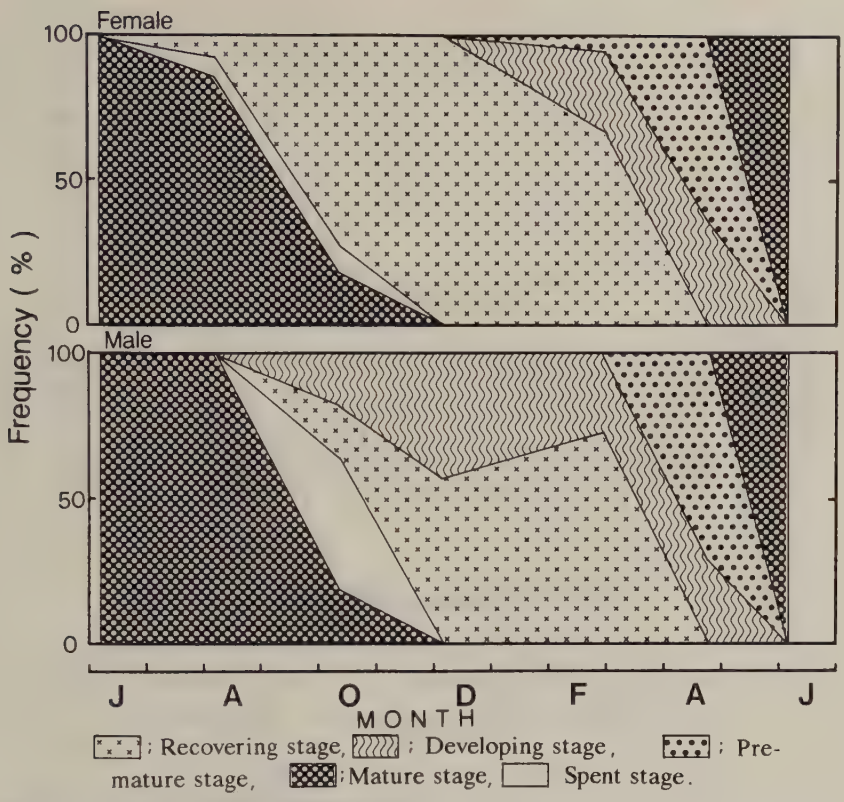


Fig. 4. ムラサキウニ個体群の成熟過程の周年変化
Seasonal changes in the composition of maturation stages of female and male populations of *Anthocidaris crassispina*.

(5) 放出期：この期の小嚢内は，すき間が目立つようになり，顆粒細胞が中心的な存在となる．わずかに，精子が残存することもある（Fig. 3J）．

以上の区分に基づいて，任意に選んだ組織切片中の生殖腺小嚢塊中に出現する割合の最も多い小嚢の期をその生殖腺の成熟段階として，その期の生殖腺を持つ個体が各月の採集個体に占める割合を Fig. 4 に示し，その周年変化の様相をみた．

図の上段が雌の，下段が雄のものである．

雌では，6月から8月にかけて成熟期の卵巣を有する個体が採集個体の90%以上を占め，その後，9月には放出期と回復期の卵巣を有する個体も出現するようになるが，依然として成熟期の卵巣を有する個体が50%近くを占めている．10月には回復期に達した卵巣を有する個体が50%を占めるようになり，その後12月にはほぼ100%回復期の卵巣をもつ個体で占められるようになる．1月には成長期と前成熟期の卵巣を有する個体が出現するようになり，3月以後両者が急激に増加して，4月には80%以上となる．さらに，5月から6月にかけて，前成熟期の卵巣を有する個体から成熟期の卵巣を有する個体へとその優占順位が急速に変化していく．

雄では，6月から8月にかけて成熟期に達した精巣を有する個体がほぼ100%を占め，9月には半減して放出期と回復期および成長期の精巣を有する個体が増加し，10月には3者で80%以上を占めるようになる．この後，放出期のものは見られなくなり，回復期の精巣や成長期の精巣を有する個体が優占し，12月から2月までほぼ同じ割合で推移する．3月から前成熟期の精巣を有する個体が急激に増加して，5月から6月にかけて前成熟期の精巣を有する個体から成熟期の精巣を

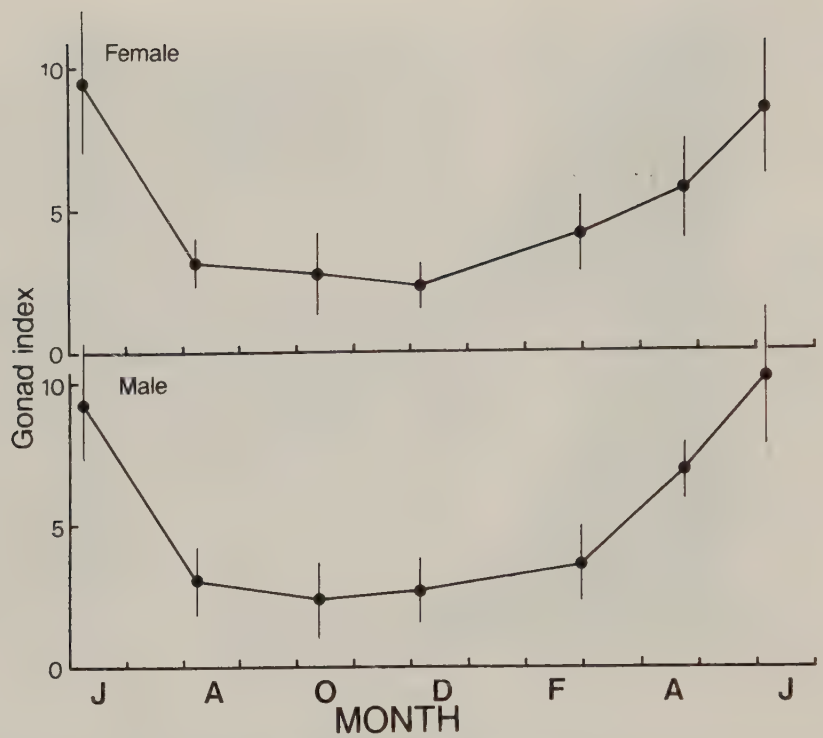


Fig. 5. ムラサキウニの生殖腺指数の周年変化（縦線は標準偏差）
Seasonal changes in the female and male gonad index of *Anthocidaris crassispina*. Solid circles and vertical lines denote means and its standard deviations, respectively.

有する個体へと急速にその優占順位が変化していく．

生殖腺指数の周年変化

生殖腺の発達過程を量的に把握する１つの手段として，殻径の２乗と殻高の積に対する生殖腺の湿重量の100倍を生殖腺指数として，その周年変化を Fig. 5 に示した．

上段が雌，下段が雄のものである．

雌では，６月に10近い最高値を示すが，その後急激に減少して８月には３前後となり，この状態で12月まで漸減してゆく．その後増加して，４月末には５を越え，６月の８以上へと続く．

雄でも，６月に９近い最高値をとり，その後雌同様急激に減少して８月初めには３以下となり，この状態が12月まで続く．その後，やはり増加して３月初めには３を越え，その後急激に増加して６月の最高値へと推移する．

考　　察

ウニ類の生殖周期の把握は，エゾバフンウニ *Strongylocentrotus intermedius*[5] をはじめとして様々な種類で，組織学的観察を加味して行われてきた[4,5,7-11]．本研究でもこれまでの報告と同様の手法を用いて観察した結果，ムラサキウニ個体群の生殖周期は，雌個体群では，９～１月：回復期，２～３月：成長期，４月：前成熟期，５～６月：成熟期，そして７～８月：放卵期，雄個体群でも，９～１月：回復期，２～３月：成長

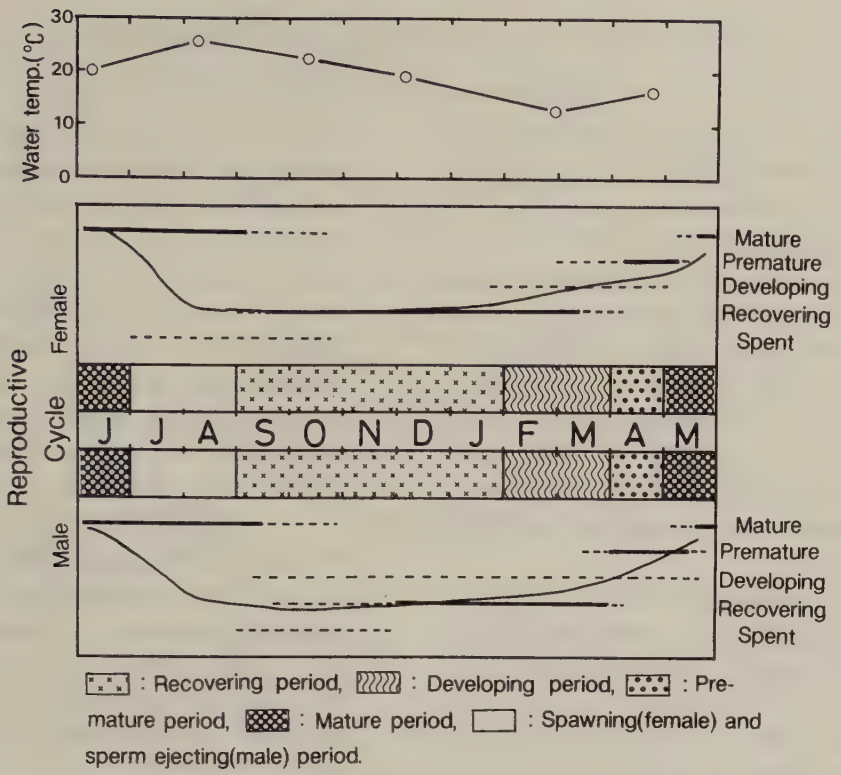


Fig. 6. ムラサキウニの生殖周期
手書きの実線は生殖腺指数の周年変化を示す.
実線の横棒は，それぞれの成熟段階の期の生殖腺を持つ個体が全体に占める割合で50%以上の期間を，破線は25～50%の期間を示す.
Seasonal changes in water temperature (top) and schematic representation of the reproductive cycle of female and male *Anthocidaris crassispina* (bottom). Eye-fitted curves are the hypothetical seasonal changes of gonad index. Horizontal solid and broken lines represent the periods in which 50% and 25–50%, respectively, of individuals occupied the given gonad developmental stages as indicated to the right of the figure.

期，4月：前成熟期，5～6月：成熟期，そして7～8月：放精期という1年を1周期とするものであると結論づけることができる（Fig. 6）.

Yoo ら[2] は，生殖腺指数の周年変化から，朝鮮半島南部を中心に生息するムラサキウニの産卵期を，6月から10月，盛期を8月と報告している．この中で，指数は産卵後低い値で持続し，その後2～3月からの数カ月間に増加して6～10月の最高値をとることも明らかになっている．これらの結果は，本報告で明らかにした指数の周年変化と同様の傾向にあり，朝鮮半島南部に生息するムラサキウニも，本報告で結論づけたと同様の生殖周期をもつものと推察される.

一方，ウニではいくつかの種類で，同じ個体群内でも生息場所の違いによって，生殖腺指数の最大値に違いが見られたり最大値の出現時期に1～2カ月程度のずれが見られ，これらの違いが，生息環境の物理的条件（波浪の影響）や生物的条件（餌の多少）の差によってもたらされる可能性が指摘されている[6,7,9-12]．今後は，ムラサキウニでも，生息環境を評価し種苗放流や移植を考える上で，このような現象を把握することが重要であり，本報告で明らかにした生殖周期の生息場所による比較を行うことが重要な項目の1つになるものと思われる.

文献

1) 内海冨士夫 1965：むらさきうに．新日本動物図鑑（下）」（岡田 要・内田清之助・内田 亨監修），75，北隆館，東京．

2) S.-K. Yoo, S.-B. Hur and H.-Y. Ryu 1982：Growth and spawning of the sea urchin *Anthocidaris crassispina* (A. Agassiz). *Bull. Korean Fish. Soc.*, **15**(4), 345–358.

3) K. Sakairi, M. Yamamoto, K. Ohtsu and M. Yoshida 1989：Environmental control of gonadal maturation in laboratory-reared sea urchin, *Anthocidaris crassispina* and *Hemicentrotus pulcherrimus*. *Zool. Sci.*, **6**, 721–730.

4) A. Fuji 1960a：Studies on the biology of the sea urchin. Ⅰ. Superficial and histological gonadal changes in gametogenic process of two sea urchins, *Strongylocentrotus nudus* and *S. intermedius*. *Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ.*, **11**, 1–14.

5) A. Fuji 1960b：Studies on the biology of the sea urchin. Ⅲ. Reproductive cycle of two sea urchins, *Strongylocentrotus nudus* and *S. intermedius*, in southern Hokkaido. *Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ.*, **11**, 49–57.

6) T. G. Dix 1970：Biology of *Evechinus chloroticus* (Echinoidea：Echinometridae) from different localities. 3. Reproduction. *N. Z. Jl mar. Freshwat. Res.*, **4**(4), 385–405.

7) J. J. Gonor 1973：Reproductive cycles in Oregon populations of the Echinoid, *Strongylocentrotus purpuratus* (Simpson). Ⅰ. Annual gonad growth and ovarian gametogenic cycles. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, **12**, 45–64.

8) M. F. Barker 1985：Reproduction and development in *Goniocidaris umbraculum*, a brooding echinoid. In："Echinodermata" (eds. by B. F. Keegan and B. D. O'Connor), 207–214, Balkema, Rotterdam.

9) 吾妻行雄・元谷 怜・菅原義雄 1988：キタムラサキウニの生殖周期と餌料摂取について．第1報 生殖巣の季節的変化．北水試研報．, **30**, 33–41.

10) M. Byrne 1990：Annual reproductive cycles of the commercial sea urchin *Paracentrotus lividus* from an exposed intertidal and a sheltered subtidal habitat on the west coast of Ireland. *Mar. Biol.*, **104**, 275–289.

11) P. Laegdsgaard, M. Byrne and D. T. Anderson 1991：Reproduction of sympatric populations of *Heliocidaris erythrogramma* and *H. tuberculata* (Echinoidea) in New South Wales. *Mar. Biol.*, **110**, 359–374.

12) 吾妻行雄・菅原義雄 1988：キタムラサキウニの生殖周期と餌料摂取について．第2報 消化管内容物量と殻重量の季節的変化．北水試研報．, **30**, 43–49.

西水研研報　第71号　平成5年12月
Bull. Seikai Natl. Fish. Res. Inst., No. 71, December 1993

沖縄諸島周辺海域から採集したニアウカンザメ *Centrophorus niaukang*

矢野和成*・久貝一成**

Taiwan Gulper Shark, *Centrophorus niaukang*, from the Okinawa Islands, Japan

Kazunari YANO* and Kazunari KUGAI**

ABSTRACT

Nine specimens of the Taiwan gulper shark, *Centrophorus niaukang*, were collected from depths of 470–899m around the Okinawa Islands. This is the first record for this species from Japan. It has been known to be distributed in the Taiwan waters and the eastern North Atlantic. Up to now, six species of *Centrophorus* have occured in Japan from the brief review of the genus in Japan, including *C. acus*, *C. granulosus*, *C. moluccensis*, *C. niaukang*, *C. squamosus*, and *C. tessellatus*. In *C. niaukang*, the near-term embryos, 349–362mm TL, had completely absorbed their external yolk sacs. The smallest free-swimming specimen collected in this study was 346mm TL. Ova in the ovaries of *C. niaukang* develop during embryonic development, and ova were transferred into the uterus to be fertilized immediately after parturition.

平成5年12月12日受理（Received December 12, 1993）
西海区水産研究所業績第488号（Contribution from Seikai National Fisheries Research Institute No. 488）
*西海区水産研究所下関支所，〒750　下関市東大和町2-5-20（Seikai National Fisheries Research Institute, Shimonoseki Branch, 2-5-20 Higashiyamato-machi, Shimonoseki 750, Japan）
**沖縄県水産試験場，〒901-03　糸満市西崎町1丁目（Okinawa Prefectural Fisheries Experimental Station, 1 Nishizaki-cho, Itoman 901-03, Japan）

はじめに

アイザメ属はツノザメ科に含まれるサメ類で，世界中の熱帯から温帯の深海域に広く分布している．本属の分類にはいまだに混乱が多くみられるが，Compagno[1]によれば世界中から8種が知られていて，日本からはそのうちの5種が報告されている．仲谷・白井[2]によればCompagno[1]の報告と種名の取扱いには違いがあるものの，やはり本邦からは5種の報告がなされている．

沖縄県水産試験場が行った深海性軟骨魚類の漁場開発調査中にアイザメ属に属するニアウカンザメ *Centrophorus niaukang* が底延縄により採集された．ニアウカンザメはTeng[3]により台湾近海から採集された標本にもとづき新種として記載された．その後，本種はMunoz-Chapuli and Ramos[4]により，東部大西洋からも報告されている．

ニアウカンザメの太平洋からの報告は，完模式標本の採集地である台湾近海からのみであり，日本の沿岸から採集された標本をもとにした記載はない．したがって，本報告が日本近海における本種の初記録である．以下に沖縄諸島周辺海域で採集された標本の形態と若干の生物学的な知見について報告する．

方法

調査方法と使用漁具構造等の詳細については別報でのべている[5]．外部形態の計測方法はYano and Musick[6]および一部はYano and Tanaka[7]にしたがった．脊椎骨数の計測方法はSpringer and Garrick[8]にしたがった．本報告に使用した標本の一部は千葉県立中央博物館（CBM）に保管されている．

Centrophorus niaukang Teng, 1959

ニアウカンザメ

(Fig. 1A)

1. 測定標本

CBM-ZF 3916, ♀, 1,456mm TL, 1,224mm BL, 24°04.2'N, 123°57.9'E（石垣島南方沖），水深615-660 m，1984年12月18日；CBM-ZF 3917, ♀, 1,494mm TL, 1,242mm BL, 24°03.9'N, 123°18.3'E（西表島南方沖），水深470-710 m，1984年12月17日；CBM-ZF 3918, ♂, 1,098mm TL, 900mm BL, 26°44.0'N, 124°15.2'E（石垣島北方沖），水深625-700 m，1985年4月18日；non-catalogue No., ♂, 354mm TL, 289mm BL, 26°36.0'N, 128°25.7'E（沖縄本島東岸沖），水深695-705 m，1985年7月14日；non-catalogue No., ♀, 346mm TL, 277mm BL, 26°36.0'N, 128°25.7'E（沖縄本島東岸沖），水深695-705 m，1985年7月14日；non-catlogue No., ♀ embryo of 1,494mm TL female (CBM-ZF 3917), 362mm TL, 288mm BL; non-catalogue No., ♀ embryo of 1,494mm TL female (CBM-ZF 3917), 349mm TL, 279mm BL; non-catlogue No., ♀ embryo of 1,494mm TL female (CBM-ZF 3917), 357mm TL, 285mm BL, non-catalogue No., ♂ embryo, 330mm TL, 264mm BL, 26°36.0'N, 128°25.7'E（沖縄本島東岸沖），水深695-705m，1985年7月14日．

2. 記載

各部位の測定値の全長に対する百分率，歯式および脊椎骨数をTable 1に示した．以下に示す記載の値は，成魚（雄，1,098mm TL，n=1；雌，1,456-1,494 mm TL，n=2）の値と括弧内には胎仔および小型個体（雄，354mm TL，n=1；雌，346-362mm TL，n=4）のものを示した．

体は紡錘形で，頭部はやや平らである．頭長（吻端から第5鰓孔までの長さ）の3.81-4.01倍（3.10-3.34倍）が体長，吻端から第1背鰭棘までの距離の2.12-2.17倍（1.98-2.13倍）が体長，吻端から第2背

Table 1. ニアウカンザメの全長に対する体各部位の百分率，螺旋弁数，歯数，脊椎骨数．星印は外卵黄嚢が吸収された出産直前の胎仔を示す（これら胎仔の母ザメは全長1,494㎜の個体，CBM-ZF 3917）．
Proportional dimensions in percentage of total length, number of spiral valves, dental formula, and number of vertebrae of *Centrophorus niaukang*. Asterisks indicate near-term embryos without external yolk sacs (mother shark, 1494㎜ TL, CBM-ZF 3917).

Catalogue No.						CBM-ZF 3918	CBM-ZF 3916	CBM-ZF 3917
Sex	female*	female*	female*	female	male	male	female	female
Total length (mm)	349	357	362	346	354	1098	1456	1494
Snout tip tp								
outer nostrils	4.30	4.48	3.59	2.89	3.39	3.10	3.43	3.28
eye	6.30	7.56	6.91	6.65	5.65	5.10	5.63	5.29
spiracle	14.61	15.41	14.09	14.16	14.41	11.84	12.71	12.32
mouth	12.03	11.20	10.50	12.14	11.30	8.11	8.59	7.70
1st gill opening	21.49	22.41	21.82	20.81	21.19	18.21	17.58	17.20
3rd gill opening	22.64	23.81	23.48	21.97	23.45	20.04	19.02	18.94
5th gill opening	24.36	25.77	25.41	23.99	24.86	21.49	21.29	20.75
pectoral origin	24.64	25.49	25.41	25.14	25.14	21.40	22.12	21.02
pelvic origin	57.31	57.42	57.18	58.09	59.04	59.02	63.80	60.91
cloaca	59.03	58.82	59.67	59.25	33.05	61.66	66.07	64.79
1st dorsal origin	29.23	29.97	29.01	33.24	38.42	27.50	28.64	28.11
1st dorsal spine origin	39.26	38.10	37.29	39.02	41.24	37.70	39.63	38.42
2nd dorsal origin	61.32	60.50	62.43	63.87	66.38	65.66	67.65	66.60
2nd dorsal spine origin	66.48	67.23	68.51	66.47	68.93	69.22	72.94	71.62
upper caudal origin	79.94	79.83	79.56	80.06	81.64	81.97	84.07	83.13
lower caudal origin	73.93	75.35	74.59	74.28	77.12	76.68	78.64	77.44
Distance between bases								
1st and 2nd dorsal	17.19	15.97	20.17	20.23	19.77	20.95	20.60	22.09
1st and 2nd dorsal spine	20.63	19.05	24.86	25.14	21.47	24.59	25.07	26.57
2nd and caudal	6.30	6.72	6.08	8.09	6.21	6.47	5.29	6.36
pectoral and pelvic	28.37	29.97	28.18	32.37	30.23	34.61	37.77	35.61
pelvic and caudal	12.89	14.85	11.05	12.72	13.84	12.30	11.33	11.71
Distance between origin								
pectoral and pelvic	32.66	35.01	32.60	31.79	33.90	40.53	42.58	39.49
Nostrils : distance								
between inner corners	4.58	4.20	4.14	3.47	2.82	3.46	3.71	3.82
Mouth								
width	9.46	9.52	8.01	10.12	9.04	8.65	8.72	8.37
Gill opening length								
1st	2.87	2.52	2.21	2.02	1.41	2.37	2.75	2.68
2nd	2.87	2.52	2.49	2.31	2.26	2.73	3.43	3.28
3rd	3.44	2.80	3.04	2.89	3.11	3.64	4.46	3.48
Spiracle : max. width	2.29	2.24	1.93	2.02	1.41	1.64	1.58	1.67
Eye								
horizontal diameter	6.30	7.28	6.08	6.65	7.06	5.37	5.29	5.02
vertical diameter	2.29	1.96	2.21	2.02	1.98	1.73	1.58	1.67
Interorbital width	9.17	8.12	7.73	10.69	6.78	7.65	—	8.90
1st dorsal fin								
overall length	18.62	17.93	18.78	15.90	6.50	24.23	21.63	27.44

length base	12.03	11.20	12.98	10.40	9.89	17.40	17.99	19.41
length base from spine	7.16	7.28	9.94	6.65	6.21	8.38	8.65	7.70
length post. margin	8.60	9.24	8.29	8.67	8.47	10.93	8.24	12.38
height	4.30	5.04	3.87	3.76	4.24	5.74	5.91	5.42
spine	1.43	1.40	1.66	1.16	1.13	—	0.82	0.40
2nd dorsal fin								
overall length	15.19	14.01	15.19	12.43	13.28	15.21	15.52	14.73
length base	11.17	9.24	10.22	8.67	8.47	10.47	10.78	10.04
length base from spine	7.74	7.28	6.08	6.36	6.50	7.29	6.52	6.02
length post. margin	7.74	8.40	7.46	8.67	7.06	9.11	8.59	8.37
height	5.73	6.16	4.97	4.91	4.24	5.74	5.49	5.15
spine	2.01	1.96	1.93	1.45	0.85	0.91	0.62	0.40
Pectoral fin								
length base	4.58	4.20	3.31	4.91	3.67	4.28	4.46	4.69
length ant. margin	10.03	10.64	10.77	10.40	6.50	11.84	13.39	12.58
length distal margin	9.74	7.28	8.29	10.69	9.60	10.47	12.16	11.91
length post. margin	7.16	7.56	6.63	8.67	7.06	9.11	8.59	9.37
Pelvic fin								
overall length	8.60	9.80	8.84	8.67	9.04	10.84	12.50	11.04
length base	4.30	3.92	3.31	4.91	4.24	4.37	4.81	3.48
length ant. margin	5.44	6.16	6.08	5.78	4.24	8.56	8.45	7.36
length clasper	—	—	—	—	4.80	10.93	—	—
Caudal								
length dorsal lobe	18.62	18.77	18.78	20.23	19.49	18.67	17.86	18.07
length ventral lobe	11.46	11.76	6.91	10.69	11.02	13.66	13.39	12.18
dorsal tip to notch	10.32	9.80	9.12	5.78	5.93	8.65	8.04	8.70
depth notch	4.30	4.76	4.14	5.78	3.67	3.10	3.16	2.34
Trunk at pectoral origin								
width	14.90	15.13	12.43	13.58	12.71	12.93	12.91	14.39
height	12.89	11.48	11.05	9.54	8.47	10.56	11.68	11.31
Number of spiral valves	—	—	—	12	12	—	14	14
Dental formula (upper jaw)	—	—	—	—	—	16-1-15	16-1-16	16-1-16
(lower jaw)	—	—	—	—	—	14-1-14	13-1-13	14-1-13
Number of vertebrae								
monospondyous	—	—	—	—	57	56	—	—
precaudal	—	—	—	—	82	81	—	—
caudal	—	—	—	—	32	33	—	—
total	—	—	—	—	114	114	—	—

鰭棘までの距離の1.15–1.18倍（1.16–1.20倍）が体長．胸鰭起部での体高の7.20–7.76倍（6.20–9.63倍）が体長，同起部での体幅の5.78–6.51倍（5.28–6.42倍）が体長．吻はやや尖り，短く，眼径の0.94–1.05倍（0.88–1.25倍）が吻長（吻端から眼前縁までの長さ），眼間幅の1.50–1.68倍（1.07–1.61倍）が吻長．眼は大きく，眼径の4.00–4.13倍（3.52–4.18倍）が頭長．噴水孔は大きく，噴水孔の最大幅の3.00–3.35倍（2.75–5.00倍）が眼径．鰓孔は第1から第5に向かって徐々に大きくなる．口は大きくやや弓状に湾曲している（Fig. 1B）．内鼻孔間の距離の2.02–2.34倍（2.53–4.00倍）が口幅．口幅の0.92–0.98倍（1.18–1.31倍）が吻端から口までの長さ．成魚の場合は第2背鰭の高さが，第1背鰭とほぼ同大であるが，胎仔と小型個体の場合には第2背鰭の方が第1背鰭とほぼ同大かやや大きい．第1背鰭の高さの0.93–1.00倍（1.00–1.33倍）が第2背鰭の高

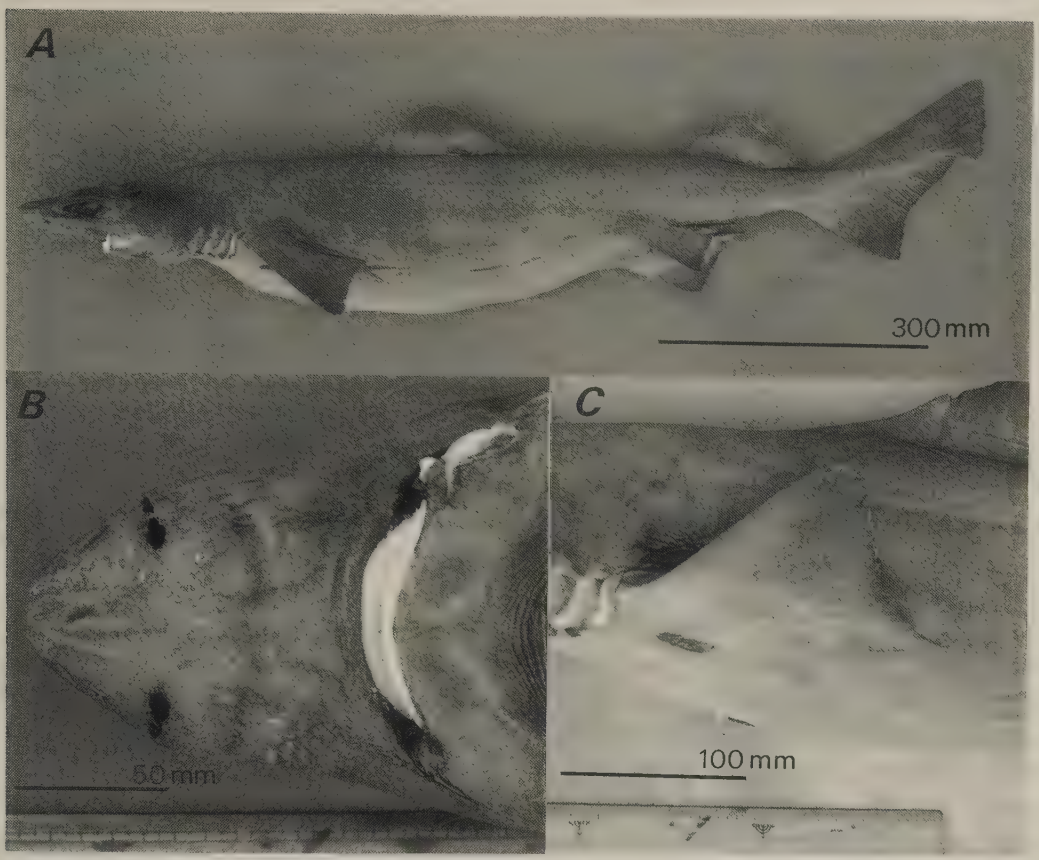


Fig. 1. ニアウカンザメ, *Centrophorus niaukang*, 雄, 全長1,098㎜, CBM-ZF 3918, A＝体側面, B＝頭部腹面, C＝胸鰭.
Centrophorus niaukang, male, 1,098㎜ TL, CBM-ZF 3918.
A＝Lateral view, B＝Ventral view of head, C＝Lateral view of pectoral fin.

さ．両背鰭棘は明瞭であるが，大型個体では先端部がけずれて短くなっている．第1背鰭棘の長さの7.17–13.50倍（2.33–3.75倍）が第1背鰭の高さ，第2背鰭棘の長さの6.30–12.83倍（2.57–5.00倍）が第2背鰭の高さ．第1背鰭基底後端から第2背鰭棘までの長さの0.79–0.88倍（1.00–1.34倍）が吻端から胸鰭起部までの長さ．胸鰭の内側の先端部分は長く伸びている（Fig. 1C）．胸鰭の基底の長さの2.69–3.00倍（1.77–3.25倍）が胸鰭の前縁長．胸鰭の内側の長さの1.06–1.13倍（0.68–1.46倍）が胸鰭の前縁長．腹鰭の前縁長の1.27–1.50倍（1.45–2.13倍）が腹鰭全体の長さ．腹鰭基底後端から尾鰭下葉起部までの2.81–3.33倍（2.02–2.55倍）が胸鰭基底後端から腹鰭起部までの長さ．尾柄欠刻はない．尾鰭上葉は下葉よりも大きく，尾鰭下葉長の1.33–1.48倍（1.60–2.72倍）が上葉長．尾鰭上葉欠刻は明瞭である．

成魚の体色は全体がさび褐色であり，各鰭の後方縁辺部はやや黒い．胎仔と小型個体の体色は灰黒色をしており，成魚の体色とは異なる．胎仔と小型個体の両背鰭の先端部には，成魚にはみられない黒色斑紋が明瞭である．

鱗（皮歯）は円錐状であり，体後方に向かってやや押しつぶされたような形態をしており，鱗の表面に数本の明瞭な隆起がみられる．このような成魚の鱗の形態はTeng[3]により記載されたものと良く似ている．

歯数は16–1–(15–16)/(13–14)–1–(13–14)(n＝3)．成

魚の両顎歯の形態は異なり，上顎歯は単尖頭で，中央縫合部付近の歯はほぼ直立している．下顎歯は幅が広く，単尖頭形ではあるが，口角部に向かって傾く．下顎歯は肉眼においても鋸歯が認められる．胎仔と小型個体の上顎歯の形態は成魚とは異なり，中央縫合部付近の歯も口角部に向かって傾いている．

螺旋弁数は12－14（n＝4）．

全脊椎骨数は114，monospondylous 56–57，precaudal 81–82，caudal 29–33（n＝3）．

3．生　殖

全長1,456㎜の雌は，左の卵巣内に卵径75㎜の卵黄物質に富んだ大型黄色卵（卵1個の重量は110–140ｇ，平均，$\bar{x}$＝130.0ｇ）が3個，20㎜の小型卵（1.9ｇ，2.5ｇ）が2個，10㎜以下の卵が多数あり，右側の卵巣内には卵径70–75㎜の大型黄色卵（80–140ｇ，$\bar{x}$＝110ｇ）が3個，20㎜の小型卵（2.0ｇ，2.5ｇ）が2個，10㎜以下の卵が多数認められた．卵巣重量は合計で732ｇであった．卵巣上皮に開いた排卵孔（排卵孔の定義はYano and Tanaka[9]にしたがった）の大きさは約15㎜であった．この個体の子宮の最大幅は39㎜で肥厚し，卵殻腺の最大幅は40㎜で卵形であった．全長1494㎜の雌は，外卵黄嚢が吸収された出産直前の胎仔を左子宮内に2尾（全長349㎜，357㎜）と右子宮内に1尾（全長362㎜）をもっていた．左側の卵巣内は卵径75－78㎜の卵黄物質に富んだ大型黄色卵が4個（172–180ｇ，$\bar{x}$＝175.5ｇ），卵径20–25㎜の小型卵（1.4－2.5ｇ，$\bar{x}$＝2.9ｇ）が3個，卵径10㎜以下の小型卵が多数あり，右側の卵巣内には卵径75㎜（110ｇ）と78㎜（175ｇ）の卵黄物質に富んだ大型黄色卵が2個，22－25㎜小型卵（3.0－4.2ｇ，$\bar{x}$＝3.7ｇ）が4個，10㎜以下の卵が多数認められた．したがって，本種は胎仔の発達に平行して卵巣内の卵が発達し，胎仔を出産した後すぐにこれら大型卵を排卵する種類と考える．この個体の子宮最大幅は60㎜で，卵殻腺の最大幅は45㎜であった．外卵黄嚢が吸収された胎仔の大きさが349㎜から362㎜であることと，今回採集された小型個体が346㎜であることから，本種は全長約350㎜で出産されるものと考える．

全長1,098㎜の雄は貯精嚢内に精液をもち，交接器（長さ120㎜）も硬く骨が形成されており，すでに成熟に達していた．

4．備　考

今回の調査においてニアウカンザメが採集されたことから，本邦に生息するアイザメ属には，本種を含めゲンロクザメ，オキナワヤジリザメ，タロウザメ，モミジザメ，アイザメの少なくとも6種が数えられる．本種と日本近海からこれまでに報告されているアイザメ属の他種と区別される主要な特徴についてTable 2に示した．

本種とゲンロクザメとは，第2背鰭基底後端から尾鰭上葉基部までの長さ，腹鰭基底後端から尾鰭下葉基部までの長さ，吻端から口までの長さが明らかに本種の方が短いこと，第1背鰭と第2背鰭が本種ではほぼ同大であること，脊椎骨数は本種の方が少ないこと等で区別される．

オキナワヤジリザメとは，第1背鰭と第2背鰭が本種ではほぼ同大であること，螺旋弁数と脊椎骨数がおのおの本種の方が明らかに少ないことで区別される．

タロウザメとは，成魚の体色が本種では褐色であること，第1背鰭と第2背鰭が本種ではほぼ同大であること，鱗の形態が本種では円錐状であること等で区別される．

モミジザメとは，成魚の体色が本種では褐色であること，第1背鰭と第2背鰭が本種ではほぼ同大であること，胸鰭の内角が本種では突出していること，鱗の形態が本種では円錐状であること等で区別される．

アイザメとは，吻端から鼻孔までの長さが本種では長く，吻先端部がアイザメに比べて尖っていること，第2背鰭基底後端から尾鰭上葉基部までの長さが本種の方が短いこと，第1背鰭と第2背鰭が本種ではほぼ同大であること等で区別される．

ニアウカンザメの成魚は，Teng[3]が原記載で報告しているようにさび褐色をしている．日本近海に生息する種のうちこれに近い体色をもつものに，アイザメ，ゲンロクザメ，オキナワヤジリザメがいるが，これらの体色はニアウカンザメよりも明るい茶色である．本研究で観察されたニアウカンザメ，ゲンロクザメ，オキナワヤジリザメの胎仔と幼魚の体色は灰黒色をしており，これはタロウザメの成魚，小型個体，胎仔の体色に近かった．

これまでアイザメ属の分類形質として鱗と歯の形態も使われているが，これらは成長段階とともに形態が変化する[10]．また，歯の形態の場合には同じ大きさの

Table 2. 日本近海に生息するアイザメ属6種を区別するための主要な特徴．ニアウカンザメ，ゲンロクザメ，オキナワヤジリザメ，タロウザメ，モミジザメは沖縄諸島周辺海域から採集されたものの測定値を使用したか，アイザメは駿河湾から採集されたものの測定値を使用した．括弧内の数値は胎仔の値を示す．
List of the main characters which are used to separate the six species of *Centrophorus* in Japan. Data of the five species (*C. niaukang*, *C. tessellatus*, *C. moluceensis*, *C. acus*, and *C. squamosus*) were obtained from specimens collected around the Okinawa Islands, and those of *C. granulosus* were obtained from specimens collected in Suruga Bay. Numbers in parentheses for embryos.

Character	*C. niaukang*	*C. tessellatus*	*C. moluccensis*	*C. acus*	*C. squamosus*	*C. granulosus*
Number of specimens	5 (3)	13 (2)	17	13	10	6
Range of TL (mm)	346–1,494 (349–362)	560–1,125 (350–356)	560–1,017	902–1,513	920–1,329	852–920
Snout tip to mouth/TL x100 (%)	7.7–8.6 (10.5–12.1)	8.4–11.5 (13.5–15.1)	7.6–10.1	7.6–8.9	7.2–8.9	8.1–8.8
Distance between bases 2nd and caudal/TL x100 (%)	5.3–6.4 (6.2–8.1)	6.8–8.9 (6.7–7.1)	5.5–7.8	5.5–6.4	4.7–6.9	6.3–7.7
Distance between bases pelvic and caudal/TL x100 (%)	11.3–12.3 (11.1–14.9)	14.4–17.8 (13.1–15.7)	13.8–17.4	10.4–12.7	10.3–13.7	11.5–14.0
Height of 1st dorsal/ height of 2nd dorsal	1.00–1.18 (0.75–1.00)	1.16–1.36 (1.00–1.16)	1.35–2.11	0.85–1.05	0.85–1.05	1.20–1.39
Number of spiral valves	12–14 n=4	12–14 n=8	25–30 n=35	12–15 n=22	12–14 n=64	13–15 n=6
Number of vertebrae						
monospondylous	56–57	56–61	54–58	51–59*	54–58	54–56
percaudal	81–82	88–94	88–93	77–88*	83–85	83–86
caudal	29–33	31–35	32–36	25–37*	30–34	30–34
total	114 n=3	120–126 n=13	120–127 n=27	106–118* n=107*	115–118 n=8	114–120 n=3
Body color						
adult	dark brown	brown	brown	gray	grayish black	brown
embryo and juvenile	gray	gray	gray	—	—	—
Size at maturity** (TL, mm)						
male	1,098	884–916	784–866	1,030–1,040	996–1,068	852–920
female	1,456–1,494	1,062–1,125	898–1,017	1,460	1,220–1,380	—

*The values are from specimens collected from Suruga Bay.
**Mature males possessed spermatozoa in seminal vesicles and sperm sac, and hard claspers with spurs.
Mature females possessed either ova larger than 20㎜ in diameter or expanded uteri over 20㎜ in the maximum width, or contained embryos or fertilized ova in uteri (gravid).

個体でも雌雄間で違いが起こる．したがって，同じ成熟段階あるいは同性での比較にはこれらの形質が有効ではあるが，これらの形態変化の知見を十分に加味して種の査定基準に使用する必要がある．

本海域においてニアウカンザメと混同されやすい種と考えられるゲンロクザメは，雌の成熟全長が約1,060㎜であるのに対し，ニアウカンザメでは約1,450㎜である．雄でもゲンロクザメが約880㎜であるのに対し，本種では1,100㎜であり，両種の間に明らかな成熟全長の違いが見られた．また，駿河湾で採集されたアイザメの雄の成熟全長が約850㎜であることからも，ニアウカンザメの方が成熟全長が明らかに大きいことがわかる．

本種はTeng[3]により台湾近海から採集された標本にもとづき新種として記載された．本種の和名は鄧[11]により台湾産の標本をもとにして記載した彼の学位論文の中で新称として報告されている．本研究ではその和名にしたがうこととした．本種については，模式標本の採集地が台湾近海であることから，日本近海にも生息しているものとは考えられていたが，これまでに日本から採集された個体による記載報告はない．したがって，本報告がニアウカンザメの日本近海からの初記録である．本種はMunoz-Chapuli and Ramos[4]により，東部大西洋からも報告されており，これらの点から考えると本種が世界的に広く分布していることが示唆される．

これまで報告されているニアウカンザメはTeng[3]の原記載では全長1,540㎜であり，その後，Yang[12]は全長1,450－1,700㎜の38個体を，Chen and Cheng[13]は全長1,443と1,505㎜の2個体をそれぞれ台湾から報告している．これまで台湾から報告されたニアウカンザメはすべて雌の大型個体であった．これはニアウカンザメの体色あるいは鱗や歯の形態に幼魚と成魚との間で違いがあること等により，小型個体は他種と混同されていた可能性がある．Munoz-Chapuli and Ramos[4]により東部大西洋から報告された雌9個体（全長598㎜－705㎜）と雄2個体（全長732㎜－875㎜）はすべて未成熟であった．したがって，今回の調査で採集された雄の成熟個体は初の記録である．今回の調査結果によると本種の未成熟個体は形態的にタロウザメとも良く似ており，東部大西洋から報告された小型個体についてニアウカンザメであるかの再検討を今後試みる必要もあろう．本属の多くの種が深海域を主要な生息場所としていることから，将来は世界的な規模でのアイザメ属のレビューを行う必要があろう．

謝　辞

本研究を行うに当たり，標本採集，計測等に数々のご便宜とご協力を与えて下さった沖縄県水産試験場場長をはじめ水産試験場の職員の方々，および水産試験場調査船図南丸，くろしおの船長をはじめ乗組員の方々に深厚なる謝意を表する．本稿をまとめるに当たり，有益なご助言とご便宜を与えて下さった国立台湾海洋大学教授陳哲聰博士，台湾水産試験所楊鴻嘉博士，北海道大学水産学部助教授仲谷一宏博士，千葉県立中央博物館望月賢二博士，前東海大学海洋学部水産学科教授田村保博士，東海大学海洋学部水産学科助教授田中彰博士に深く感謝の意を表する．最後に本論文のご校閲を賜った西海区水産研究所下関支所藤田矗支所長に深く感謝する．

引　用　文　献

1) L. J. V. Compagno 1984 : Sharks of the world, FAO species catalogue, Vol. 4, part 1. FAO Fish. Syn. (125), viii＋1–249.

2) 仲谷一宏・白井　滋 1988：アイザメ属．益田一・尼岡邦夫・荒賀忠一・上野輝弥・吉野哲夫編．日本産魚類大図鑑，和文解説および図版，p. 10, pls. 11, 335. 東海大学出版会，東京．

3) H. T. Teng 1959 : Studies on the elasmobranch fishes from Formosa. Part VI. A new species of deep sea shark (*Centrophorus niaukang*) from Formosa. Taiwan Fish. Res. Inst., Lab. Fish. Biol. Rep., (9), 1–7.

4) R. Munoz-Chapuli and F. Ramos 1989: Review of the *Centrophorus* sharks (Elasmobranchii, Squalidae) of the eastern Atlantic. Cybium, **13** (1), 65–81.

5) 矢野和成・久貝一成 1993: 沖縄諸島周辺海域で底延縄により採集された深海性軟骨魚類. 西水研研報, (71), 51–65

6) K. Yano and J. A. Musick 1992: Comparison of morphometrics of Atlantic and Pacific specimens of the false catshark, *Pseudotriakis microdon*, with notes on stomach contents. Copeia, **1992** (3), 877–886.

7) K. Yano and S. Tanaka 1983: Portuguese shark, *Centroscymnus coelolepis* from Japan, with notes on *C. owstoni*. Japan. J. Ichthyol. **30** (3), 208–216.

8) V. G. Springer and J. A. F. Garrick 1964: A survey of vertebral numbers in sharks. Proc. U.S. Nat. Mus., **116** (3496), 73–96.

9) K. Yano and S. Tanaka 1987: Reproductive organs of deep sea sharks, *Centroscymnus owstoni* and *C. coelolepis*. J. Fac. Mar. Sci. Technol. Tokai Univ., (25), 57–67.

10) 矢野和成 1986: 日本産ツノザメ目魚類の形態, 系統, 分類, 生態に関する研究. 東海大学博士論文, 335pp.

11) 鄧 火土 1962: 台湾産軟骨魚類の分類ならびに分布に関する研究. 京都大学博士論文, 340pp. 舞鶴.

12) H. C. Yang 1979: The resources investigation for deep sea shark longline fishery in Taiwan. I. Catches species and body length composition. Bull. Taiwan Fish. Res. Inst., (31), 205–210.

13) C. T. Chen and I. J. Cheng 1982: Notes on the sharks of genus *Centrophorus* (Family Squaliformes: Squalidae) from Taiwan. J. Taiwan Mus. 25, 143–155.

西水研研報 第71号 平成5年12月
Bull. Seikai Natl. Fish. Res. Inst., No. 71, December 1993

沖縄諸島周辺海域で底延縄により採集された深海性軟骨魚類

矢野 和成*・久貝 一成**

Deep-Sea Chondrichthyans collected from the Waters around the Okinawa Islands: Results of Catch Analysis of Bottom Longlines

Kazunari YANO and Kazunari KUGAI

ABSTRACT

The distribution and species composition of deep sea chondrichthyans in the waters around the Okinawa Islands were studied from 125 fishing operations, taken by 55259 hooks, on bottom longlines at depths from 210 m to 1250 m. At least 35 species and 25 genera from 11 families of chondrichthyans were represented among 3285 specimens. The family Squalidae was dominant, contributing 91.1% of all chondrichthyans captured with 17 species. Dominant genera were *Squalus* (33.0%), *Centrophorus* (29.0%), *Etmopterus* (26.6%), and *Galeus* (3.9%). The most varied composition, with many species of the Squalidae, occurred at a depth of 500 m. There was a marked decrease in number of species with increasing depth strata from 500 m (the most varied composition depth). Catch rates (number of fish per 100 hooks) by depth were greatest (10.67) at 1100-1199 m and the second highest (10.37) at 400-499 m, while the lowest rate was 2.70 at 700-799 m. The sharks of *Etmopterus* and *Centrophorus* displayed a well defined pattern of depth segregation by species. Differences in faunal ecology among locations and the patterns of faunal change with increasing depth are also discussed.

平成5年12月17日受理 (Received December 17, 1993)
西海区水産研究所業績第489号 (Contribution from Seikai National Fisheries Research Institute No.489)
*西海区水産研究所下関支所 〒750 下関市東大和町2-5-20 (Seikai National Fisheries Research Institute, Shimonoseki Branch, 2-5-20 Higashiyamato-machi, Shimonoseki 750, Japan)
**沖縄県水産試験場 〒901-03 糸満市西崎町1丁目 (Okinawa Prefectural Fisheries Experimental Station, 1 Nishizaki-cho, Itoman 901-03, Japan)

はじめに

沖縄諸島周辺海域における軟骨魚類の種組成に関する研究は，断片的な報告があるのみで[1-4]，特にこの海域における深海性軟骨魚類の種組成，分布，食性，生殖等についての情報は少なく，僅かに一部の種類について報告が見られるだけである[5,6]．

本研究は，沖縄県水産試験場が底延縄と底立延縄（たま縄）を用いて行った沖縄諸島周辺海域における深海性軟骨魚類の漁場開発調査で漁獲された軟骨魚類の種組成および漁獲状態から見た水平および垂直分布について検討し，この海域における分布特性を明かにすることを目的とした．

材料と方法

調査は，1983年5月から1986年4月までの間に沖縄県水産試験場調査船図南丸（216.09トン）で20航海，125回の操業を行った（第19次航海は荒天のため延縄操業は中止）[7-9]．

漁獲状態を検討する上で便宜的に本調査海域を5海区（A海区—E海区）に区分し，その海区区分と操業定点をFig. 1に示した．

本調査に使用した漁具は底延縄漁具と底立延縄漁具（たま縄）であり，底延縄では28回の操業を行い，底立延縄では97回の操業を行った．全有効釣針数（操業中に縄切れ等で揚縄できなかったものの釣針数を除いた数）は55,259本であった．詳細な漁具の構造は，久

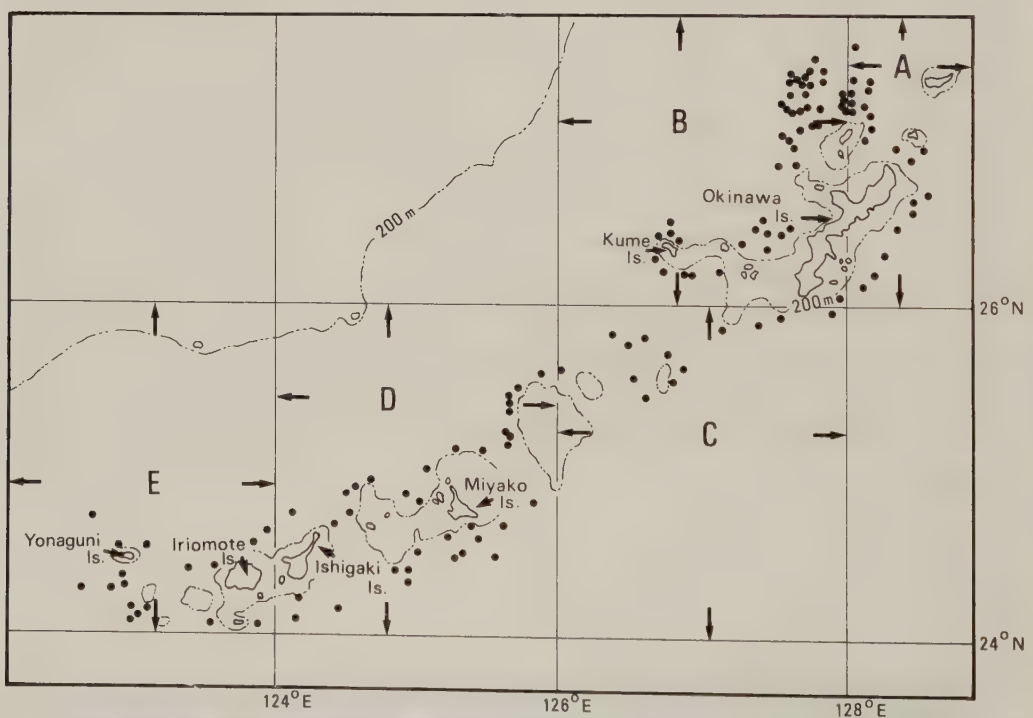


Fig. 1. 沖縄諸島周辺海域における調査定点と本調査における海区区分（海区は海区Aから海区Eまでの5海区に便宜的に分割した）
Survey stations of bottom longline in the waters around the Okinawa Islands divided into five areas (Area A–Area E).

貝・他[7-9]に示されている．底立延縄では幹縄から海底のおもりまでの間の釣針数が，10本のもの（50操業）と3本のもの（47操業）を用いた．餌は，各操業ごとに違いがあり，ムロアジ，トビイカ，カツオの腹身（ハラゴー），テラピア，サメ類を使用した．操業別の使用漁具の違いと餌の種類については，久貝・他[7-9]により報告されている．

有効釣針数100本あたりの漁獲尾数を釣獲率とした．漁獲物は，可能な限り船上で種のレベルまで査定を行った．しかし，カラスザメ属のフジクジラグループ（フジクジラ，ホソフジクジラ，ヒレタカフジクジラ）とツノザメ属のツノザメグループ（トガリツノザメ，ヒレタカツノザメ，フトツノザメ）については，分類学的な問題が残されており，査定が不確実なことがあった．したがって，種の査定が不確実な場合には，一括してフジクジラグループ，ツノザメグループとして示した．

操業中の漁獲水深は魚群探知機により測定した．漁獲物は，全て種別に尾数を記録し，漁獲された釣針の番号も同時に記録した．魚群探知機の各釣針番号ごとの水深記録と漁獲物の漁獲された釣針の番号から種別の漁獲水深を推定した．

1984年12月以前の調査では，種の査定を行う目的から各航海ごとに種が不確実なものを主体として数個体づつを持ち帰った．1984年12月から1986年4月までの間に漁獲されたものの全部かあるいは多数漁獲された種についてはそのうちの一部を研究室に持ち帰り詳細に計測し，種の同定を行った．

各海区間あるいは各水深帯別の出現種の類似性について類似度指数（s）[10]によって検討を行った．類似度指数は，$s=2c/(a+b)$ $(0\leqq s\leqq 1)$ を用いた．ここで，a＝サンプルa（ある海区かある水深帯）に含まれる出現種数，b＝サンプルbに含まれる出現種数，c＝サンプルa，bに共通の出現種数である．

結　果

1．出現種

本研究で採集された軟骨魚類は11科23属35種であった（Table 1，2）．このうちツノザメ科（Squalidae）の出現種数および漁獲尾数が最も多く17種（全漁獲種数の48.6%），2,993個体（全軟骨魚類漁獲尾数の91.1%）を占め，次いでトラザメ科（Scyliorhinidae）の6種（17.1%），178個体（5.4%）であった．他の9科の出現種数は1—2種であり，それらの漁獲尾数も全漁獲尾数の1%未満と非常に少なかった（Table 1）．

Table 1. 沖縄諸島周辺海域で採集された深海性軟骨魚類の科別の出現種数と採集個体数
Family representation by number of species and by number of specimens collected around the Okinawa Islands, Japan.

No.	Family	No. of species	%	No. of specimens	%
1	Hexanchidae	2	5.7	31	0.9
2	Squalidae	17	48.6	2,993	91.1
3	Pristiophoridae	1	2.9	3	0.1
4	Odontaspidae	1	2.9	5	0.2
5	Scyliorhinidae	6	17.1	178	5.4
6	Pseudotriakidae	1	2.9	22	0.7
7	Triakididae	2	5.7	30	0.9
8	Urolophidae	1	2.9	3	0.1
9	Dasyatididae	1	2.9	4	0.1
10	Rajidae	1	2.9	1	+
11	Chimaeridae	2	5.7	15	0.5
	Total	35		3,285	

出現種数の最も多い海区は，D海区の25種であり，次いでB海区，A海区，E海区，C海区の順であった（Table 3）．ツノザメ科とトラザメ科に属するいずれかの種は全ての海区で漁獲され，また，カグラザメ科（Hexanchidae）（AからD海区），オシザメ科（Pseudotriakidae）（A，B，D，E海区），ドチザメ科（Triakididae）（AからD海区）は4海区で，ノコギリザメ科（Pristiophoridae）（A，B，E海区），シロワニ科（Odontaspidae）（B，D，E海区），アカエイ科（Dasyatididae）（A，C，D海区），ギンザメ科（Chimaeridae）（B，D，E海区）は3海区でそれぞれ漁獲された．ヒラタエイ科（Urolophidae）とガンギエイ科（Rajidae）はともにA海区のみの漁獲であった．各海区間の出現種の類似性には大きな違いはなく，類似度指数はC海区とE海区間での0.541を除き，全ての海区間で0.6以上の値を示した（Table 3）．

Table 2. 沖縄諸島周辺海域で採集された深海性軟骨魚類の出現種，採集個体数，採集水深範囲
Overall species representation, together with number of specimens and observed depth ranges, collected around the Okinawa Islands, Japan.

Family No.	Species		No. of specimens	Depth range (m)
	Scientific name	Japanese name		
1	*Heptranchias perlo*	Edoaburazame	24	315–830
1	*Hexanchus griseus*	Kagurazame	7	400–550
2	*Etmopterus pusillus*	Karasuzame	66	470–1,040
2	*Etmopterus lucifer*	Fujikujira	16	540–940
2	*Etmopterus brachyurus*	Hoso-fujikujira	124	540–915
2	*Etmopterus molleri*	Hiretaka-fujikujira	4	540–860
2	*Etmopterus lucifer* group*	Fujikujira group	664	315–1,160
2	*Centroscymnus owstonii*	Yumezame	4	830–999
2	*Zameus squamulosus*	Biroudozame	46	500–855
2	*Somniosus longus*	Kaeruzame	1	1,116
2	*Centrophorus niaukang*	Niaukanzame	60	470–899
2	*Centrophorus tessellatus*	Genrokuzame	93	315–820
2	*Centrophorus moluccensis*	Okinawa-yajirizame	178	315–899
2	*Centrophorus acus*	Tarouzame	267	500–1,160
2	*Centrophorus squamosus*	Momijizame	355	500–1,160
2	*Deania calceus*	Heratunozame	29	500–799
2	*Cirrhigaleus barbifer*	Higetunozame	3	550–795
2	*Squalus mitsukurii*	Futo-tunozame	187	300–799
2	*Squalus blainvillei*	Hiretaka-tunozame	16	365–790
2	*Squalus japonicus*	Togari-tunozame	194	370–835
2	*Squalus* group**	Tunozame group	686	300–799
3	*Pristiophorus japonicus*	Nokogirizame	3	500–775
4	*Odontaspis ferox*	Oowanizame	5	530–830
5	*Cepahaloscyllium isabellum*	Nanukazame	25	210–699
5	*Galeus nipponensis*	Nihon-yamorizame	2	640–840
5	*Galeus eastmani*	Yamorizame	127	210–465
5	*Parmaturus pilosus*	Imorizame	15	470–899
5	*Parmaturus* sp.	Imorizame sp.	7	540–835
5	*Apristrus platyrhynchus*	Herazame	2	620–890
6	*Pseudotriakis microdon*	Oshizame	22	470–899
7	*Mustelus manazo*	Hoshizame	13	365–575
7	*Hemitriakis japanica*	Eirakubuka	17	315–730
8	*Urotrygon daviesi*	Usuei	3	700
9	*Dasyatis akajei*	Akaei	4	590–780
10	*Raja* sp.	Gangiei sp.	1	750
11	*Chimaera phantasma*	Ginzame	12	420–699
11	*Hydrolagus purpurescens*	Murasaki-ginzame	3	780–1,250
	Total		3,285	

*combined *E. lucifer*, *E. brachyurus* and *E. molleri*
**combined *S. mitsukurii*, *S. blainvillei* and *S. japonicus*

Table 3. 海区間の類似度指数（s）の比較．s＝2c/(a＋b)，a＝aサンプル（ある海区）の出現種数，b＝bサンプル（ある海区）の出現種数，c＝aとbサンプルの共通種の出現種数
Comparison of Similarity Index (s) in the areas (Area A–Area E). s＝2c/(a＋b), a＝number of species of a sample, b＝number of species of b sample, c＝number of same species between a and b samples.

No. of species / Area	22 A	23 B	16 C	25 D	20 E
A		0.696	0.615	0.667	0.698
B			0.700	0.776	0.727
C				0.667	0.541
D					0.783

水深帯別の出現種数は，最も浅い200mではトラザメ科に属する2種（ヤモリザメとナヌカザメ）が漁獲され，最も深い1,200mではギンザメ科の1種のムラサキギンザメのみが漁獲された（Fig. 2）．出現種数は300mから増加しはじめ，500mでの出現種数が最高となり，その後徐々に減少した（Fig. 2）．ツノザメ科では500mと700mでそれぞれ12種，トラザメ科では600mで5種と最も多くの種が出現した．各水深帯間の出現種の類似度指数を比較すると，隣接する水深帯間の類似度は高く，離れるにしたがい低くなった（Table 4）．300mから500mまでの各水深帯では類似度指数0.5以上が3から4水深帯区分（1水深帯区分は100m，したがって水深範囲は300—400mである）で見られた．一方，600mより深い水深帯では類似度指数0.5以上が1から2水深帯区分（水深範囲は100—200m）までであった．

2．水平分布

海区別魚種別釣獲率をTable 5に示した．軟骨魚類の全漁獲個体数は3,285個体であり，その釣獲率は5.94であった．属別では，ツノザメ属の漁獲が最も多く，1,083個体（釣獲率は1.96），次いでアイザメ属の953個体（1.72），カラスザメ属の874個体（1.58）の順であった．

海区別の釣獲率はC海区が最も高く，次いでA海区，D海区，B海区，E海区の順であった（Table 5）．各海区内での釣獲率の高い上位5種をTable 6に示した．全海区を通してフジクジラグループが優先種として出現し，その釣獲率には各海区間で大きな違いは

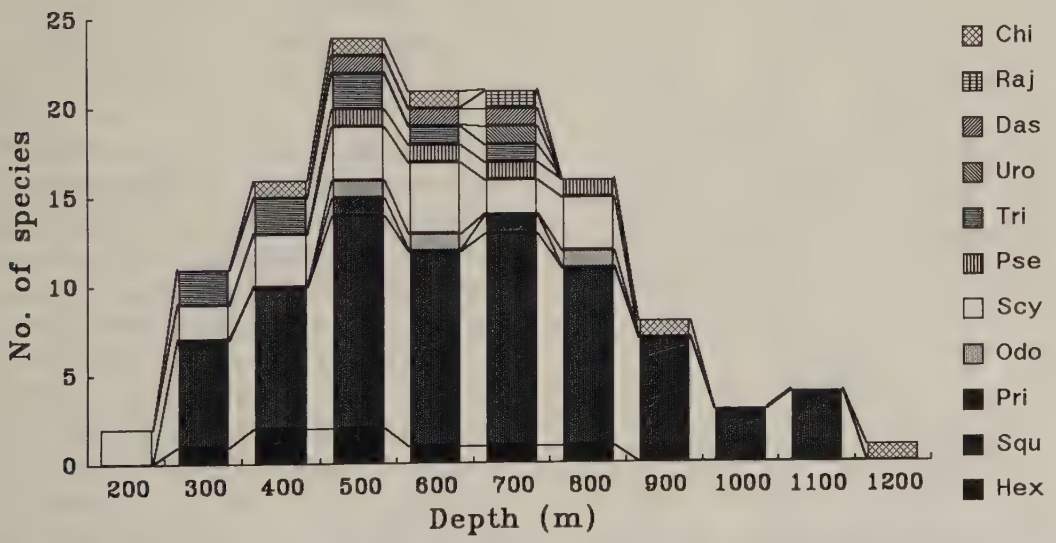


Fig. 2. 100m水深帯区分ごとの各科別の出現種数．Hex＝カグラザメ科，Squ＝ツノザメ科，Pri＝ノコギリザメ科，Odo＝シロワニ科，Scy＝トラザメ科，Pse＝オシザメ科，Tri＝ドチザメ科，Uro＝ヒラタエイ科，Das＝アカエイ科，Raj＝ガンギエイ科，Chi＝ギンザメ科
Number of species occurrence with increased depths per 100m stratum. Hex＝Hexanchidae, Squ＝Squalidae, Pri＝Pristiophoridae, Odo＝Odontaspidae, Scy＝Scyliorhinidae, Pse＝Pseudotriakidae, Tri＝Triakididae, Uro＝Urolophidae, Das＝Dasyatididae, Raj＝Rajidae, Chi＝Chimaeridae.

Table 4. 100m水深帯区分ごとの各水深帯間における類似度指数（s）の比較．s=2c/(a+b)，a=aサンプル（ある水深帯）の出現種数，b=bサンプル（ある水深帯）の出現種数，c=aとbサンプルの共通種の出現種数
Comparison of Similarity Index (s) in depths per 100m stratum. s=2c/(a+b), a=number of species of a sample, b=number of species of b sample, c=number of same species between a and b samples.

No. of species	2	11	18	24	22	21	16	8	3	4	1
Depth stratum (m)	200	300	400	500	600	700	800	900	1,000	1,100	1,200
200		0.308	0.200	0.154	0.167	0	0	0	0	0	0
300			0.733	0.611	0.588	0.424	0.357	0.100	0	0.125	0
400				0.744	0.780	0.550	0.514	0.148	0.091	0.087	0
500					0.826	0.711	0.600	0.375	0.222	0.214	0
600						0.682	0.718	0.323	0.231	0.222	0
700							0.579	0.400	0.240	0.231	0
800								0.500	0.316	0.300	0
900									0.545	0.500	0.222
1,000										0.571	0
1,100											0

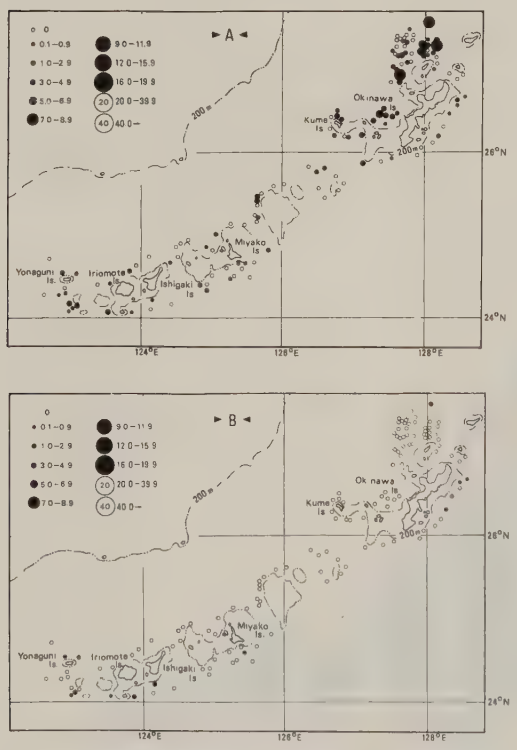


Fig. 3. 沖縄諸島周辺海域におけるカラスザメ属の釣獲率（釣針100本当たりの漁獲尾数）．A=フジクジラグループ，B=カラスザメ
Distribution in catch rate (number of fish per 100 hooks) of *Etmopterus* in the waters around the Okinawa Islands. A=*Etmopterus lucifer* group, B=*Etmopterus pusillus*.

なかった．アイザメ属に属するいずれかの種は全海区で優先種として出現し，このうちA海区のモミジザメとD海区のタロウザメでは釣獲率1.5以上の高い値を示した．ツノザメ属も同様に全海区で優先種として出現し，特にC海区ではツノザメグループの釣獲率が11.19と卓越していた．その他の種で優先種として出現したものは，B海区のヤモリザメとE海区のカラスザメ，ビロードザメであった．

全漁獲尾数の88.6%を占めたツノザメ科に属するカラスザメ属，アイザメ属，ツノザメ属の3属の水平分布について以下に示した．

カラスザメ属のフジクジラグループは，沖縄本島西側から北側にかけての水域，宮古島周辺水域および与那国島周辺水域で高い釣獲率であった（Fig. 3）．同属のカラスザメは，沖縄本島東側水域と，西表島から与那国島周辺水域で主に漁獲された（Fig. 3）．しかし，B海区とC海区では本種は漁獲されなかった．

アイザメ属に属するサメ類では，本邦初記録種のニアウカンザメ[11]が，沖縄本島東側水域で高い釣獲率であり，西表島南側水域でも漁獲された（Fig. 4）．ゲンロクザメは，沖縄本島周辺水域の特に西側水域での釣獲率が高く，また，石垣島と西表島周辺水域でも漁獲された（Fig. 4）．しかし，本種は，宮古島周辺水域では漁獲されなかった．オキナワヤジリザメは，久米島東側水域と宮古島北側水域で高い釣獲率であり，また与那国島南側水域の1定点でも高い釣獲率であった（Fig. 4）．タロウザメは宮古島から石垣島にかけて

Table 5. 沖縄諸島周辺海域で採集された深海性軟骨魚類の海区別種別の採集個体数と釣獲率．NS＝採集個体数，CR＝釣獲率（釣針100本当たりの漁獲尾数）
Number of specimens and catch rate by areas (A–E) and total of deep sea chondrichthyans collected around the Okinawa Islands. NS=Number of specimens. CR=Catch rate (number of fish per 100 hooks).

Species	Area										Total	
	A		B		C		D		E			
	NS	CR	NS	CR	NS	CR	NS	CR	NS	CR	NS	CR
Heptranchias perlo	5	0.05	11	0.05	1	0.04	7	0.05	0	0	24	0.04
Hexanchus griseus	0	0	0	0	1	0.04	6	0.04	0	0	7	0.01
Etmopterus pusillus	13	0.13	0	0	0	0	33	0.23	20	0.25	66	0.12
Etmopterus lucifer group*	164	1.69	425	2.04	14	0.52	107	0.75	98	1.25	808	1.46
Centroscymnus owstonii	0	0	0	0	0	0	4	0.03	0	0	4	0.01
Zameus squamulosus	11	0.11	2	0.01	3	0.11	17	0.12	13	0.17	46	0.08
Somniosus longus	1	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	1	+
Centrophorus niaukang	56	0.58	0	0	0	0	2	0.01	2	0.03	60	0.11
Centrophorus tessellatus	34	0.35	40	0.19	11	0.41	3	0.02	5	0.06	93	0.17
Centrophorus moluccensis	21	0.22	54	0.26	1	0.04	74	0.52	28	0.36	178	0.32
Centrophorus acus	29	0.30	17	0.08	1	0.04	218	1.54	2	0.03	267	0.48
Centrophorus squamosus	191	1.97	5	0.02	3	0.11	153	1.08	3	0.04	355	0.64
Deania calceus	0	0	0	0	0	0	27	0.19	2	0.03	29	0.05
Cirrhigaleus barbifer	0	0	1	+	0	0	1	0.01	1	0.01	3	0.01
Squalus japonicus	117	1.21	27	0.13	32	1.20	16	0.11	2	0.03	194	0.35
Squalus blainvillei	0	0	7	0.03	3	0.11	3	0.02	3	0.04	16	0.03
Squalus mitsukurii	16	0.17	33	0.16	9	0.34	118	0.83	11	0.14	187	0.34
Squalus group**	124	1.28	186	0.89	299	11.19	77	0.54	0	0	686	1.24
Pristiophorus japonicus	1	0.01	1	+	1	0.04	0	0	0	0	3	0.01
Odontaspis ferox	0	0	2	0.01	0	0	2	0.01	1	0.01	5	0.01
Cepahaloscyllium isabellum	2	0.02	12	0.06	2	0.07	7	0.05	2	0.03	25	0.05
Galeus nipponensis	1	0.01	0	0	0	0	0	0	1	0.01	2	+
Galeus eastmani	13	0.13	85	0.41	0	0	29	0.20	0	0	127	0.23
Parmaturus pilosus	1	0.01	2	0.01	0	0	7	0.05	5	0.06	15	0.03
Parmaturus sp.	4	0.04	1	+	0	0	1	0.01	1	0.01	7	0.01
Apristrus platyrhynchus	0	0	2	0.01	0	0	0	0	0	0	2	+
Pseudotriakis microdon	1	0.01	2	0.01	0	0	10	0.07	9	0.11	22	0.04
Mustelus manazo	0	0	4	0.02	7	0.26	2	0.01	0	0	13	0.02
Hemitriakis japanica	6	0.06	5	0.02	6	0.22	0	0	0	0	17	0.03
Urotrygon daviesi	3	0.03	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.01
Dasyatis akajei	0	0	0	0	2	0.07	2	0.01	0	0	4	0.01
Raja sp.	1	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	1	+
Chimaera phantasma	0	0	2	0.01	0	0	10	0.07	0	0	12	0.02
Hydrolagus purpurescens	0	0	1	+	0	0	0	0	2	0.03	3	+
Total	815	8.41	927	4.44	396	14.82	936	6.59	211	2.69	3,285	5.94
No. of available hooks		9,686		20,861		2,672		14,195		7,845		55,259

*combined *E. lucifer*, *E. brachyurus* and *E. molleri*
**combined *S. japonicus*, *S. blainvillei* and *S. mitsukurii*

Fig. 4. 沖縄諸島周辺海域におけるアイザメ属の釣獲率（釣針100本当たりの漁獲尾数）．A＝オキナワヤジリザメ，B＝ゲンロクザメ，C＝ニアウカンザメ，D＝タロウザメ，E＝モミジザメ
Distribution in catch rate (number of fish per 100 hooks) of *Centrophorus* in the waters around the Okinawa Islands. A＝*Centrophorus moluccensis*, B＝*Centrophorus tesellatus*, C＝*Centrophorus niaukang*, D＝*Centrophorus acus*, E＝*Centrophorus squamosus*.

の周辺水域で釣獲率が高く，沖縄本島周辺水域の３定点でも比較的高い釣獲率を示した（Fig. 4）．モミジザメは，沖縄本島東側水域と宮古島から石垣島の南側水域で高い釣獲率であった（Fig. 4）．

ツノザメ属に属するサメ類の漁獲は，ツノザメグループではＣ海区で圧倒的に高い釣獲率を示し，また，沖縄本島北側水域でも高い釣獲率であった（Fig. 5）．操業記録中に種の査定が行えたもののうち，トガ

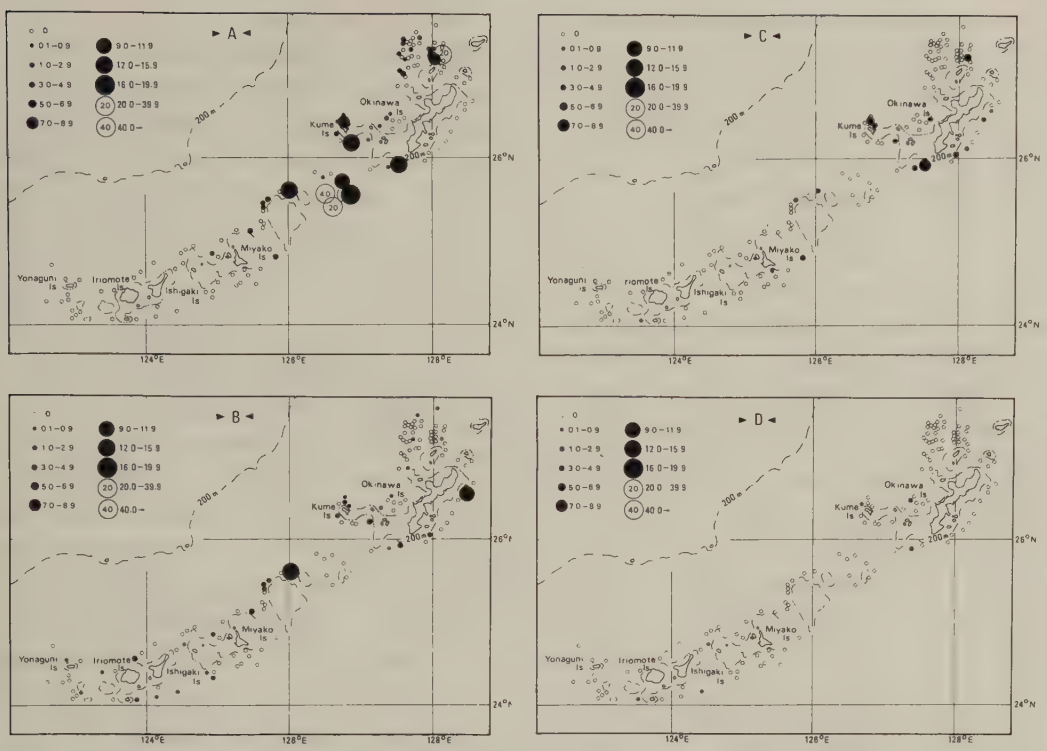


Fig. 5. 沖縄諸島周辺海域におけるツノザメ属の釣獲率（釣針100本当たりの漁獲尾数）．A＝ツノザメグループ，B＝フトツノザメ，C＝トガリツノザメ，D＝ヒレタカツノザメ
Distribution in catch rate (number of fish per 100 hooks) of *Squalus* in the waters around the Okinawa Islands. A=*Squalus* group, B=*Squalus mitsukurii*, C=*Squalus japonicus*, D=*Squalus blainvillei*.

リツノザメは沖縄本島南側水域と久米島周辺水域で釣獲率が高かった（Fig. 5）．ヒレタカツノザメは沖縄本島周辺水域の3定点と石垣島周辺水域の3定点で漁獲された（Fig. 5）．フトツノザメは，沖縄本島東側水域，久米島周辺水域，宮古島北側水域および石垣島周辺水域で高い釣獲率であった（Fig. 5）．

3．垂直分布

海区別水深別の釣獲率をFig. 6に示した．全海区を込みにした水深別釣獲率の最高は，1,100m水深帯の10.67であり，次いで400m水深帯の10.37であった．一方，釣獲率の最低は，700m水深帯の2.70であった．海区別では，A海区の500m水深帯での釣獲率が最高で，1,100m水深帯でも再度高い釣獲率となった．B海区では，600m水深帯の釣獲率が高く，次いで400mと500mの水深帯であった．C海区では，300mと600mの水深帯で高い釣獲率が認められた．D海区では，400m水深帯で最も高い釣獲率であったが，その後減少し，900m水深帯で再度高い値となった．E海区では400m水深帯で釣獲率が最も高く，その後は減少した．各海区での釣獲率の最高値は，300mから600mの間の水深帯であったが，釣獲率が低いのは，いずれの海区でも700m水深帯で認められた．

本調査で採集された軟骨魚類の漁獲水深の範囲は多くの種類で重複していた（Table 2）．しかし，水深帯別の釣獲率から，これらの主要な漁獲は出現範囲内の特定の水深帯であることが多くの種類で確認され，さらに同属内の種間では主要な分布水深帯に違いが見られた（Table 7）．各水深帯での釣獲率の高い上位3種（採集種数が3種以下の場合には全採集数）をTable 8に示した．200m水深帯ではトラザメ科の2種のみの漁獲であった．300mの水深帯では，ツノザメ属が優

Table 6. 海区別の優先漁獲種の釣獲率（釣針100本当たりの漁獲尾数）
The top ranking species for each area by catch rate (number of fish per 100 hooks).

Area	Family No.	Species	Catch rate
A	2	*Centrophorus squamosus*	1.97
	2	*Etmopterus lucifer* group	1.69
	2	*Squalus* group	1.28
	2	*Squalus japonicus*	1.21
	2	*Centrophorus niaukang*	0.58
B	2	*Etmopterus lucifer* group	2.04
	2	*Squalus* group	0.89
	2	*Centrophorus moluccensis*	0.26
	5	*Galeus eastmani*	0.41
	2	*Centrophorus tessellatus*	0.19
C	2	*Squalus* group	11.19
	2	*Squalus japonicus*	1.20
	2	*Etmopterus lucifer* group	0.52
	2	*Centrophorus tessellatus*	0.41
	2	*Squalus mitsukurii*	0.34
D	2	*Centrophorus acus*	1.54
	2	*Centrophorus squamosus*	1.08
	2	*Squalus mitsukurii*	0.83
	2	*Etmopterus lucifer* group	0.75
	2	*Centrophorus moluccensis*	0.52
E	2	*Etmopterus lucifer* group	1.25
	2	*Centrophorus moluccensis*	0.36
	2	*Etmopterus pusillus*	0.25
	2	*Zameus squamulosus*	0.17
	2	*Squalus mitsukurii*	0.14
Overall	2	*Etmopterus lucifer* group	1.46
	2	*Squalus* group	1.24
	2	*Centrophorus squamosus*	0.64
	2	*Centrophorus acus*	0.48
	2	*Squalus japonicus*	0.35

先種であり，それらは500m水深帯まで優先順位が高かった．500mから700mまでの水深帯はフジクジラグループが優先種であり，600mと700mではタロウザメも優先順位が高かった．800mから1,100mまでの水深帯ではモミジザメが優先種であり，特に1,100m水深帯では高い釣獲率を示した．また，900m水深帯ではビロードザメが，1,000m水深帯ではカラスザメがそれぞれ優先種として出現した．1,200m水深帯ではムラサキギンザメのみが漁獲された．

水深別釣獲率を分類群別に見た場合，カグラザメ科のエドアブラザメは，300m水深帯で釣獲率が最高で，水深が増加するにしたがいその値が低下した．カグラザメは400mと500mの水深帯で漁獲されたが，釣獲率はいずれも低かった（Table 7）．

ツノザメ科に属するカラスザメ属のフジクジラグループに属する3種（フジクジラ，ヒレタカフジクジラ，ホソフジクジラ）の出現水深範囲には，大きな違いが見られなかったが，ヒレタカフジクジラとホソフジクジラでは500mと600mの水深帯で多く漁獲され，これら2種間では垂直分布に違いはなかった．しかし，フジクジラの漁獲水深範囲は他の2種に比べて広く，600mよりも深い水深帯で主に漁獲される傾向があった．フジクジラグループの釣獲率は500mと600mの水深帯で高かった．また，1,100m水深帯でも釣獲率1.00と他の水深帯よりも高い値を示した（Table 7）．同属のカラスザメの出現水深範囲はフジクジラグループと重複はするものの，本種は900mと1,000mの水深帯で釣獲率が高かった（Table 7）．

アイザメ属5種のうち釣獲率の最高はモミジザメで，それは1,100m水深帯での9.17で，また1,000m水深帯でも同様に高く7.83であった（Table 7）．次いでニアウカンザメが，800m水深帯で釣獲率が高かった（Table 7）．タロウザメでは600mの水深帯での釣獲率が最高であったが，さらに900m水深帯でも比較的高い値を示した（Table 7）．ゲンロクザメでは600m水深帯で釣獲率の最高値を示した（Table 7）．一方，出現水深範囲が浅かったオキナワヤジリザメでは，釣獲率の最高が400m水深帯であった（Table 7）．

ツノザメ属のツノザメグループとフトツノザメの釣獲率は，400m水深帯で最高であった．ヒレタカツノザメの釣獲率の最高は300m水深帯であった．トガリツノザメは，500m水深帯で釣獲率が高いが，同様に300mと400mの水深帯でも比較的高い値であった（Table 7）．

ツノザメ科に属するその他の種類のうち，ユメザメ，ビロードザメ，ヘラツノザメの3種は，900m水深帯での釣獲率が高く，ヒゲツノザメでは700m水深帯で高かった．カエルザメは1,100mの水深帯で採集された（Table 7）．

ノコギリザメ科のノコギリザメは500mと700mの水

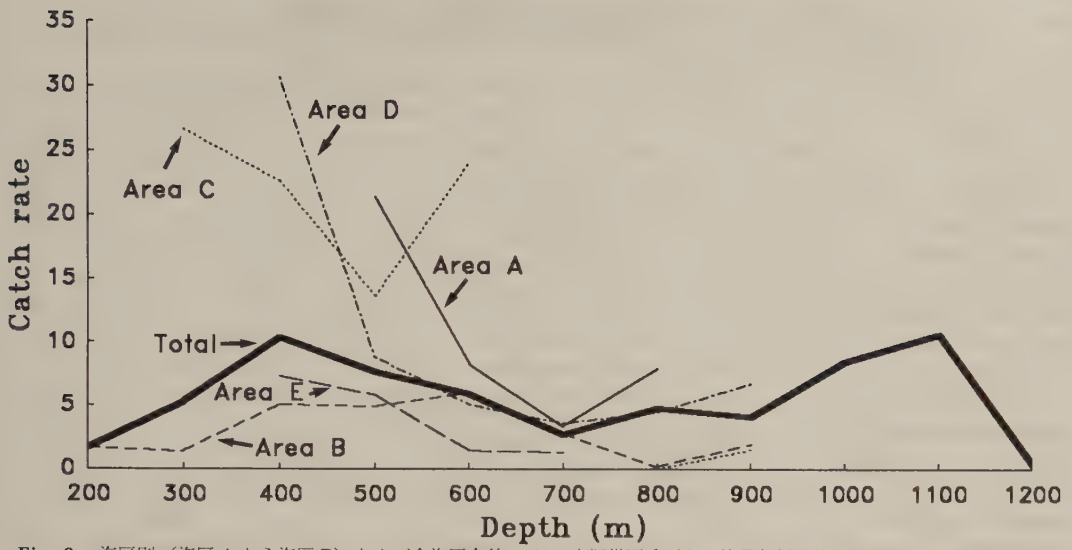


Fig. 6. 海区別（海区Aから海区E）および全海区合計の100m水深帯区分ごとの軟骨魚類全体の釣獲率（釣針100本当たりの漁獲尾数）
Catch rates (number of fish per 100 hooks) of overall species by bottom longline from various depths per 100m stratum.

深帯で採集された（Table 7）.

シロワニ科のオオワニザメは600mと800mの水深帯で他の水深帯よりも高い釣獲率を示した（Table 7）.

トラザメ科に属するサメ類の中では，ヤモリザメの釣獲率が200m水深帯で最高で，次いで500m水深帯であった（Table 7）. ナヌカザメは200mと300mの水深帯で他の水深帯よりも高い釣獲率を示したが，その値は低く0.2以下であった（Table 7）. イモリザメとイモリザメ sp. の釣獲率は，本種が採集された水深帯の全てで0.1以下の低い値であった（Table 7）. ヘラザメは600mと800mの水深帯で採集された（Table 7）.

オシザメ科のオシザメの釣獲率の最高は800m水深帯で，次いで500mと600mの水深帯であった（Table 7）.

ドチザメ科のホシザメとエイラクブカは300mと400mの水深帯で高い釣獲率であった（Table 7）.

ヒラタエイ科のヒラタエイとガンギエイ科のガンギエイ sp. は700m水深帯で採集された. アカエイ科のアカエイは500mから700mの各水深帯で漁獲されたが，いずれも釣獲率は低かった（Table 7）.

ギンザメ科のギンザメは400mから600mの各水深帯で漁獲された. ムラサキギンザメは900mと1,200mの水深帯で漁獲され，本種はギンザメよりも明らかに深い水深帯に生息していた（Table 7）.

Table 7. 100m水深帯区分ごとの各水深帯における種別の釣獲率（釣針100本当たりの漁獲尾数）
Catch rate (number of fish per 100 hooks) by depths per 100m stratum of deep sea chondrichthyans collected around the Okinawa Islands.

Species	Depth stratum (m)										
	200	300	400	500	600	700	800	900	1,000	1,100	1,200
Heptranchias perlo	0	0.11	0.09	0.05	0.04	0.02	0.04	0	0	0	0
Hexanchus griseus	0	0	0.04	0.04	0	0	0	0	0	0	0
Etmopterus pusillus	0	0	0.13	0.01	0.18	0.13	0.09	0.35	0.33	0	0
Etmopterus lucifer group*	0	0.11	0.96	2.45	2.32	1.05	0.43	0.05	0	1.00	0
Centroscymnus owstonii	0	0	0	0	0	0	0.04	0.05	0	0	0
Zameus squamulosus	0	0	0	0.02	0	0.14	0.24	0.45	0	0	0
Somniosus longus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.17	0
Centrophorus niaukang	0	0	0.04	0	0.05	0.11	0.76	0	0	0	0
Centrophorus tessellatus	0	0.11	0.06	0.14	0.44	0.09	0.04	0	0	0	0
Centrophorus moluccensis	0	0.04	1.48	0.39	0.31	0.03	0.06	0	0	0	0
Centrophorus acus	0	0	0	0.44	0.92	0.32	0.50	0.65	0.33	0.33	0
Centrophorus squamosus	0	0	0	0.05	0.16	0.25	2.07	2.24	7.83	9.17	0
Deania calceus	0	0	0	0.07	0.04	0.02	0	0.30	0	0	0
Cirrhigaleus barbifer	0	0	0	0.01	0	0.02	0	0	0	0	0
Squalus japonicus	0	0.68	0.52	0.75	0.21	0	0.44	0	0	0	0
Squalus blainvillei	0	0.18	0.11	0.02	0.01	0.01	0	0	0	0	0
Squalus mitsukurii	0	0.32	0.98	0.45	0.32	0.27	0	0	0	0	0
Squalus group**	0	3.32	5.24	1.98	0.40	0.06	0	0	0	0	0
Pristiophorus japonicus	0	0	0	0.02	0	0.01	0	0	0	0	0
Odontaspis ferox	0	0	0	0.01	0.02	0	0.02	0	0	0	0
Cepahaloscyllium isabellum	0.15	0.18	0.11	0.06	0.04	0	0	0	0	0	0
Galeus nipponensis	0	0	0	0	0	0.01	0.02	0	0	0	0
Galeus eastmani	1.55	0.04	0.30	0.52	0.25	0	0	0	0	0	0
Parmaturus pilosus	0	0	0.04	0.04	0.05	0	0.02	0	0	0	0
Parmaturus sp.	0	0	0.02	0	0.01	0.04	0	0	0	0	0
Apristrus platyrhynchus	0	0	0	0	0.01	0	0.02	0	0	0	0
Pseudotriakis microdon	0	0	0.04	0.06	0.05	0.02	0.07	0	0	0	0
Mustelus manazo	0	0.11	0.13	0.02	0	0	0	0	0	0	0
Hemitriakis japanica	0	0.14	0.07	0.02	0.04	0.02	0	0	0	0	0
Urotrygon daviesi	0	0	0	0	0	0.03	0	0	0	0	0
Dasyatis akajei	0	0	0	0.02	0.01	0.01	0	0	0	0	0
Raja sp.	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0
Chimaera phantasma	0	0	0.07	0.05	0.01	0	0	0	0	0	0
Hydrolagus purpurescens	0	0	0	0	0	0	0	0.02	0	0	0.44
No. of available hooks	646	2,797	5,421	12,552	1,3745	9,033	5,399	4,016	600	600	450

*combined *E. lucifer, E. branchyurus* and *E. molleri*
**combined *S. japonicus, S. blainvillei* and *S. mitsukurii*

Table 8. 100m水深帯区分ごとの優先漁獲種の釣獲率（釣針100本当たりの漁獲尾数）
The top ranking species for each bathymetric zone by catch rate (number of fish per 100 hooks).

Depth Stratum (m)	Family No.	Species	Catch rate
200	5	*Galeus eastmani*	1.55
	5	*Cepahaloscyllium isabellum*	0.15
300	2	*Squalus* group	3.32
	2	*Squalus japonicus*	0.68
	2	*Squalus mitsukurii*	0.32
400	2	*Squalus* group	5.24
	2	*Centrophorus moluccensis*	1.48
	2	*Squalus mitsukurii*	0.98
500	2	*Etmopterus lucifer* group	2.45
	2	*Squalus* group	1.98
	2	*Squalus japonicus*	0.75
600	2	*Etmopterus lucifer* group	2.32
	2	*Centrophorus acus*	0.92
	2	*Centrophorus tessellatus*	0.44
700	2	*Etmopterus lucifer* group	1.05
	2	*Centrophorus acus*	0.32
	2	*Squalus mitsukurii*	0.27
800	2	*Centrophorus squamosus*	2.07
	2	*Centrophorus niaukang*	0.76
	2	*Centrophorus acus*	0.50
900	2	*Centrophorus squamosus*	2.24
	2	*Centrophorus acus*	0.65
	2	*Zameus squamulosus*	0.45
1,000	2	*Centrophorus squamosus*	7.83
	2	*Centrophorus acus*	0.33
	2	*Etmopterus pusillus*	0.33
1,100	2	*Centrophorus squamosus*	9.17
	2	*Etmopterus lucifer* group	1.00
	2	*Centrophorus acus*	0.33
1,200	11	*Hydrolagus purpurescens*	0.44

考察

本研究により沖縄諸島周辺海域で採集された軟骨魚類は11科23属35種にのぼった．これは，東シナ海の沖縄舟状海盆のトロール調査で採集された標本をもとに報告された15科29属37種に近いものであった[4]．また，Nakaya and Shirai[4]が，沖縄舟状海盆を含めた日本周辺海域での深海性軟骨魚類の出現種数の地理的分布について検討したところ，沖縄舟状海盆が非常に多様性に富んだ海域であり，多くの分類群に含まれる種が出現したことをのべている．本研究での採集漁具が底延縄ではあるが，トロール操業調査と同じように多くの分類群に含まれる多数の種が漁獲されたことから，沖縄諸島周辺海域が深海性軟骨魚類の種の多様性に富んだ海域であることを示す結果となった．

水深別の出現種数では，500m水深帯で最も多く，次いで600mと700mの水深帯であった．300m以浅と900m以深では，出現種数が少ないことが確認された．これは，小林[12]が熊野灘で行った底延縄調査の結果とも良く一致していた．本研究により沖縄諸島周辺海域での底生性の軟骨魚類は500から700mの水深帯で最も種の多様性に富んでいることが認められた．

沖縄諸島周辺海域の深海性軟骨魚類の出現種の各海区間での類似性には大きな違いがない．したがって，それらの水平的な分布にはこの海域内で際立った違いがないものと考える．これは，多くの個体が漁獲されたカラスザメ属，アイザメ属，ツノザメ属でも各属に含まれる種別の漁獲状況で，海域内での水平的な分布の違いとしては顕著に表れなかった．一方，各水深帯間の出現種の類似性は，隣接する水深帯での類似性は高いが，離れるにしたがい低くなっていた．これは，垂直分布の出現範囲が各属に含まれる多くの種類で重なり合ってはいるものの，主要な分布水深帯には違いがあることによるものと考える．釣獲率からみると種ごとの主要な分布水深は比較的狭い．すなわち，本海域における深海性軟骨魚類の種別の釣獲率の違いは，種別の垂直的な分布の違いによる影響と考える．Nakaya and Shirai[4]の沖縄舟状海盆での深海性軟骨魚類の採集水深では多くの種類でそれらの範囲に重なり合いが見られ，種別の主要な分布水深帯については言及していない．このような水深範囲のみの表示方法では，種別の主要な生息水深の把握を行うことが困難な場合がある．ところが，今回の調査による水深別の釣獲率の結果からは，深海性軟骨魚類では，種ごとの主要な分布水深の幅は比較的狭いことが認められた．Yano and Tanaka[16]は駿河湾で採集された深海性のサメ類の1種であるタロウザメの漁獲結果の解析を行い，その種の主要な分布水深帯が比較的狭いことを示し，またその海域でのバイオテレメトリーを用いて測定したタロウザメの遊泳水深層ともそれが良く一致することを報告した．今回の調査で，同属内の種間では垂直分布を異にすることが認められた．このように漁獲結果の解析により同属内の種間で垂直分布に違いが表れることは，同一海域に生息する深海性ツノザメ目の数属でも報告されている[12-16]．

謝辞

本研究を行うに当たり，標本採集，計測等に数々のご便宜とご協力を与えて下さった沖縄県水産試験場場長をはじめ水産試験場の職員の方々，および水産試験場調査船図南丸，くろしおの船長をはじめ乗組員の方々に深厚なる謝意を表する．本稿をまとめるに当たり，有益なご助言とご便宜を与えて下さった北海道大学水産学部助教授仲谷一宏博士，千葉県立中央博物館望月賢二博士，前東海大学海洋学部水産学科教授田村保博士，東海大学海洋学部水産学科助教授田中彰博士に深く感謝の意を表する．最後に本論文のご校閲を賜った西海区水産研究所下関支所藤田矗支所長に深く感謝する．

引 用 文 献

1) 内田詮三 1982：沖縄の板鰓類と大水槽における飼育．板鰓類研究連絡会報，(4)，1–8.

2) K. Mizue 1984：Nagasaki and Okinawa, Report of a Preliminary Investigation on sharks and rays in the western Pacific Ocean. Japan. Gr. Elasmobranch Studies, Spec. Publ. (1), 25–35.

3) 岡村 収・北島忠弘 1984：沖縄舟状海盆及び周辺海域の魚類—1．414pp.，日本水産資源保護協会，東京.

4) K. Nakaya and S. Shirai 1992：Fauna and zoogeography of deep-benthic chondrichthyan fishes around the Japanese archipelago. Japan. J. Ichthyol., **39**(1), 37–48.

5) K. Yano 1992：Comments on the reproductive mode of the false cat shark *Pseudotriakis microdon*. Copeia, **1992**(2), 460–468.

6) K. Yano and J. A. Musick 1992：Comparison of morphometrics of Atlantic and Pacific specimens of the false catshark, *Pseudotriakis microdon*, with notes on stomach contents. Copeia, **1992**(3), 877–886.

7) 久貝一成・兼浜安信・喜屋武俊彦・前田訓次・渡辺利明・金城清昭・海老沢明彦 1985：底魚漁場調査（主としてアイザメ類の分布調査）．沖縄県水試事業報告書，1–27.

8) 久貝一成・金城 宏・本永文彦・矢野和成 1986：底魚漁場調査（主としてアイザメ類の生息分布調査）．沖縄県水試事業報告書，1–13.

9) 久貝一成・金城 宏・上地昭弘・外間 実 1987：底魚漁場調査（主としてアイザメ類の分布調査）．沖縄県水試事業報告書，1–14.

10) E. P. Odum 1971：Fundamentals of ecology. 3rd ed., W. B. Saunders Company, Philadelphia.〔三島次郎訳 1974：生態学の基礎（上），390pp.，培風館，東京.〕

11) 矢野和成・久貝一成 1993：沖縄諸島周辺海域から採集したニアウカンザメ *Centrophorus niaukang*. 西水研研報，(71)，41–49

12) 小林 裕 1986：熊野灘海域の深海性サメ類に関する研究．三重大水産研報，(13)，25–133.

13) K. Yano and S. Tanaka 1983：Biological studies on squaloid sharks from Suruga Bay, Japan. Proc. 2nd N. Pac. Aquacul. Symp., 405–414.

14) K. Yano and S. Tanaka 1988：Size at maturity, reproductive cycle, fecundity, and depth segregation of the deep sea squaloid sharks *Centroscymnus owstoni* and *C. coelolepis* in Suruga Bay, Japan. Nippon Suisan Gakkaishi, **54**(2), 167–174.

15) K. Yano 1991：Catch distribution, stomach contents and size at maturity of two squaloid sharks, *Deania calceus* and *D. crepidalbus*, from the southeast Atlantic off Namibia. Bull. Japan. Soc. Fish. Oceanogr. **55**(3), 189–196.

16) K. Yano and S. Tanaka 1986：A telemetric study on the movements of the deep sea squaloid shark, *Centrophorus acus*. In "Indo-Pacific Fish Biology, Proceeding of the Second International Conference on Indo-Pacifc Fishes" (eds. by T. Uyeno, R. Arai, T. Taniuchi and K. Matsuura), 372–380, Ichthyological Society of Japan, Tokyo.

Ovarian Maturation and Spawning of Flying Fish, *Cypselurus hiraii*, in the Southwest Japan Sea

Osamu Abe*, Mitsuhisa Kawano** and Kazuyuki Teshima*

ABSTRACT

The process of ovarian maturation in flying fish, *Cypselurus hiraii*, in the southwest Japan Sea was investigated by histological observations of the ovaries as well as the frequency distribution of the oocyte diameter. The samples were caught with set nets inshore of Fukawa Bay during the fishing season between June and July in 1991. All samples captured were adult (fork length=20–24cm). All testes were matured, except for some samples at the end of the fishing season. Every ovary had either postovulatory follicles or maturing oocytes throughout the fishing season. These observations indicate that *C. hiraii* migrated inshore of Fukawa Bay was a spawning school. The frequency distribution of the oocyte diameter showed that every ovary had a small (ϕ<0.1mm) and a middle-sized (ϕ=0.1–0.8mm) oocyte group. The former was composed of oocytes younger than the yolk vesicle stage and the latter consisted of those between the yolk vesicle stage and the yolk globule stage. The third, maturing oocyte group was separated from the middle-sized oocyte group and became the next spawning batch. The mature oocytes were ovulated at 1.8–2.2 mm in diameter. Ovaries in which the oocytes were maturing had many postovulatory follicles, which were absorbed before the next ovulation occurred. These observations indicate that *C. hiraii* spawns at least twice during the spawning season.

INTRODUCTION

Flying fishes are one of the most important target species for set net and gill net in coastal waters of the Japan Sea with the annual catches ranging from 2,000 to 10,000 tons since 1951[1]. Of the flying fishes, *Cypselurus hiraii* occupies more than 90% of the annual catches in the Japan Sea[2]. The main fishing ground is formed during early summer in the southwestern part of the Japan Sea, where is shown to be a spawning ground[3, 4]. It is suggested that *C. hiraii* born in this area

Received December 17, 1993 (平成5年12月17日受理)
Contribution from Seikai National Fisheries Research Institute, No.490 (西海区水産研究所業績第490号)
*Seikai National Fisheries Research Institute, Shimonoseki Branch, Higashiyamato-machi, Shimonoseki 750, Japan (阿部 寧・手島和之, 西海区水産研究所下関支所 〒750 下関市東大和町2-5-20)
**Yamaguchi Prefectural Open-Sea Fisheries Experimental Station, Senzaki, Nagato 759-41, Japan (河野光久, 山口県外海水産試験場 〒759-41 長門市仙崎2861-3)

in summer moved to south to winter offshore of the western Kyushu, and then migrates north offshore of the Japan Sea in the next spring, becoming a spawning stock[5]. It is reported that this species spawns and dies in a year after its birth[5, 6]. However, little is known about the histological characteristics of gonads of the flying fish in this area. In this paper, the process of the ovarian maturation in *C. hiraii* in the southwest Japan Sea is studied based on histological observations of the ovaries as well as frequency distributions of the oocyte in the fishing season in 1991.

MATERIALS AND METHODS

C. hiraii sampled were caught with set nets in Fukawa Bay in Yamaguchi Prefecture, Japan (Fig. 1). The fishing season of the flying fish in this area in 1991 was between June and July. In every sampling, 50 samples were measured for their fork length (FL), body weight (BW), and gonad weight (GW). The gonadosomatic index (GSI) was calculated by the following equation; GSI=100× GW/BW. The gonads were fixed with 10% formalin for histological observations. Paraffin sections were cut by 4–10 μm thick and stained with Mayer's Hematoxylin and Eosin. In both ovaries and testes, the tissue examined for the histological observations was obtained from the middle portion of the organs, because no

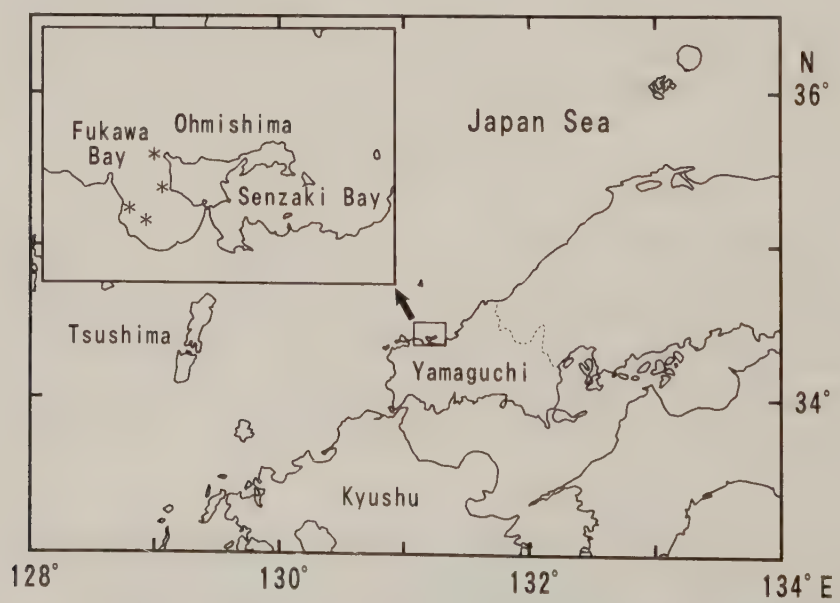


Fig. 1. Location of set nets (asterisk) stated in Fukawa Bay, Yamaguchi Prefecture, Japan.

apparent difference in the maturity phases was found either in the location of the tissue sample or between right and left organs.

Frequency distribution of oocyte diameter was examined by the following method. A piece of tissue (about 1g) was dissected from each fixed ovary and disentangled with fingers, thus facilitating a mass of oocytes to be taken apart. Then, photographs of the oocytes in 10% formalin were taken by 10 times and the long axis of each oocyte was measured on the photographs with the digitizer.

RESULTS

Fork length and GSI

The range of male FL was 20.0–23.5cm on Jun. 7, and it shifted to smaller size as the fishing season advanced until it became 19.5–23.0cm on Jul. 11 (Fig. 2). Also, the mode of male FL decreased from 21.0cm to 20.5cm toward the end of the fishing season. The female fish ranged 20.5–24.0cm FL, and no remarkable change of FL could be pointed out during the fishing season.

The male GSI, which was 2–8 on Jun. 7, increased to 2–10 on Jun. 15, and then decreased to 0–9 on Jul. 11 (Fig. 3). The mode of male GSI was 4 on Jun. 7 and increased to 7 on Jun. 15, then decreased to 4 on Jul. 11, showing a tendency to become highest in mid-June. The mode of the female GSI was 4 throughout the

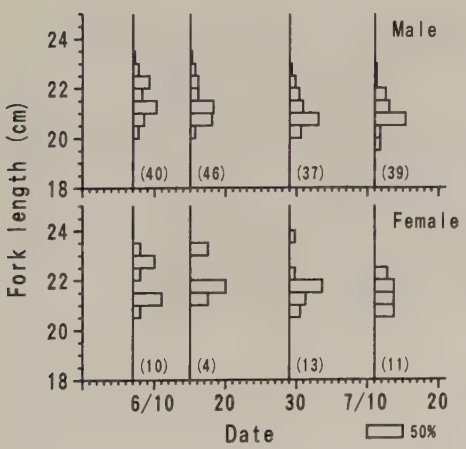


Fig. 2. Frequency distributions of fork length in *C. hiraii* caught with set net in Fukawa Bay during the fishing season in 1991. Sample number is indicated in the parenthesis.

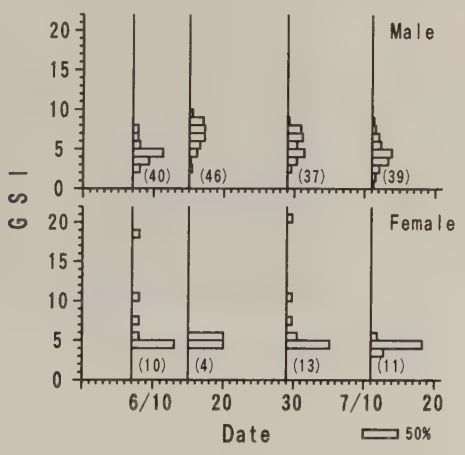


Fig. 3. Frequency distributions of GSI in *C. hiraii* caught with set net in Fukawa Bay during the fishing season in 1991. GSI was determined by the equation; GSI=100 ×GW/BW. Sample number is indicated in the parenthesis.

fishing season, however, the GSI of some females was as large as 20. No apparent tendency of changing was seen in the female GSI during the fishing season.

Developmental stages of oocytes

Based on the histological characteristics of the oocytes, the process of oocyte development in the ovaries of *C. hiraii* was classified into seven stages, *i.e.*, chromatin nucleolus, peripheral nucleolus, yolk vesicle, yolk globule, migratory nucleus, maturation, and ovulated stage (Table 1, Fig. 4). Every ovary had oocytes from the peripheral nucleolus stage to the yolk globule stage. A few oocytes in the chromatin nucleolus stage were found together in the ovarian lamellae in some ovaries (Fig. 4A), however, it could not be confirmed whether all ovaries had such oocytes in the early developmental stage. After the yolk globule stage, the yolk globules begin to fuse, making a yolk mass at the center of the oocyte, and the nucleus migrates toward the periphery of the oocyte. Hydration

Table 1. Developmental stages of oocytes in *C. hiraii*.

Developmental stage	Diameter	Characteristics
Chromatin nucleolus stage	<0.01mm	The oocyte has a relatively large nucleus and homogenous cytoplasm stained faintly with Hematoxylin.
Peripheral nucleolus stage	0.01–0.1mm	The oocyte has cytoplasm stained deeply with Hematoxylin and a large nucleus with several nucleoli attached to the nuclear membrane.
Yolk vesicle stage	0.1–0.3mm	The cytoplasm is stained fainitly with Hematoxylin. Yolk vesicles appear and spread over the cytoplasm.
Yolk globule stage	0.3–0.5mm	Small yolk globules appear around the nucleus and then all over the cytoplasm with increasing their size, while the yolk vesicles located in the periphery of the oocyte.
Migratory nucleus stage	0.5–1.1mm	The yolk globules begin to fuse, forming a large yolk mass at the center of the oocyte. The nucleus migrates to the periphery of the oocyte as the yolk mass grows larger.
Maturation stage	1.1–2.2mm	The nucleus becomes invisible and the oocyte are filled with the homogeneous yolk mass.
Ovulated stage	1.8–2.2mm	The oocyte after the ovulation with homogenous yolk mass. Their entangling threads are unfolded in the ovarian cavity.

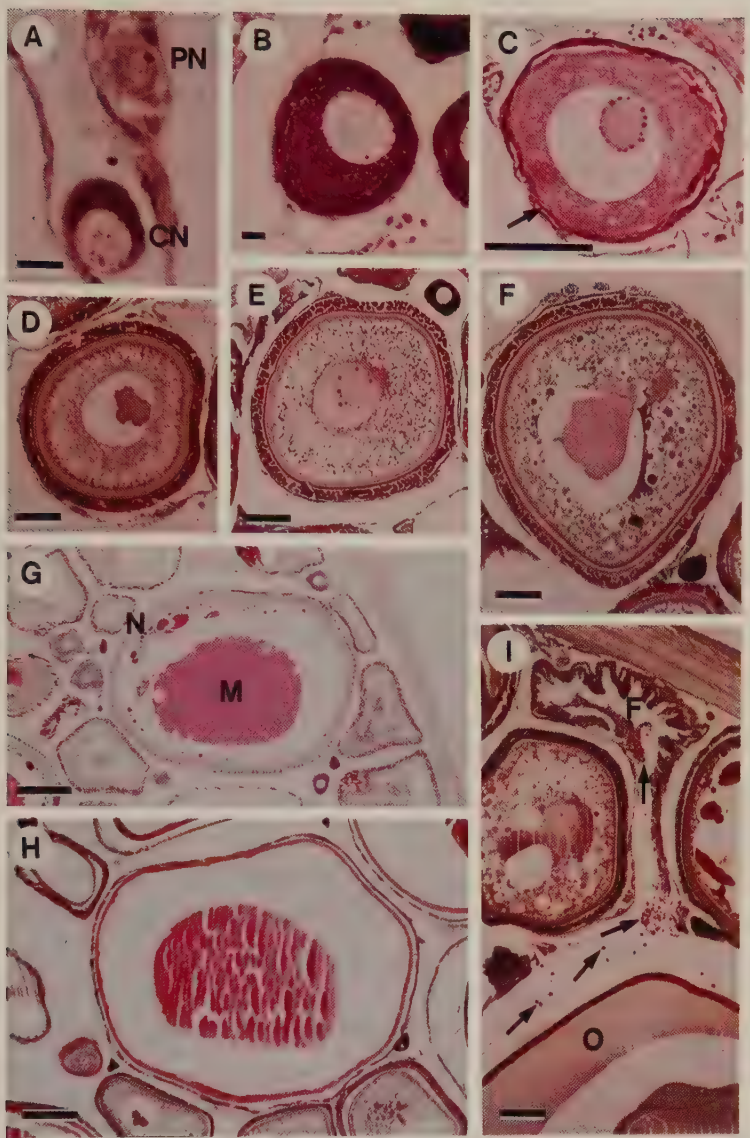


Fig. 4. Micrographs of oocytes in various developmental stages in *C. hiraii*. **A**: chromatin nucleolus stage (CN) and early peripheral nucleolus stage (PN). Bar=20 μm. **B**: peripheral nucleolus stage. Bar=20 μm. **C**: yolk vesicle stage. Arrow indicates entangling threads. Bar=200 μm. **D**: early yolk globule stage. Bar=200 μm. **E**: yolk globule stage. Bar=200 μm. **F**: early migratory nucleus stage. Bar=200 μm. **G**: late migratory nucleus stage with a nucleus (N) and a large yolk mass (M). Bar=500 μm. **H**: maturation stage. Bar=500 μm. **I**: ovulated oocyte (O) and postovulatory follicle (F). Arrows indicate the cross sections of entangling threads. Bar=200 μm.

occurred in parallel with the fusing of the yolk globules, thus resulting growth of the oocyte in size. These oocytes become transparent in appearance and then ovulation occurs. All ovaries with the GSI of about 20 had ovulated oocytes in the ovarian cavity (Fig. 6C). Few atretic oocytes occurred in the ovaries examined in this fishing season.

The egg of *C. hiraii* is a typical "entangling egg", having entangling threads[7, 8, 9]. The entangling threads, which were stained deeply with Eosin, appeared among granulosa cells in the early yolk vesicle stage (Fig. 4C) and grew up until the ovulation occurred. It protruded externally from the follicle layer after the ovulation and appeared as a small circle in the ovarian cavity in cross sections (Fig. 4I).

Frequency distribution of oocyte diameter

The frequency distribution of oocyte diameter is shown in Fig. 5 with the composition of the oocytes in six developmental stages (without the chromatin nucleolus stage) and the postovulatory follicles. Since the oocytes in the chromatin nucleolus stage was rare, the oocytes in this stage was not counted out to show the composition of the developmental stages of the oocytes in Fig. 5. Every ovary had at least two distinct groups of oocytes in size (I and II in Fig. 5). The smaller group I, which was less than 0.1㎜ in diameter, was consisted of the oocytes younger than the yolk vesicle stage. The oocyte group II ranging 0.1–0.8㎜ in diameter (mode=0.5㎜) was composed of the oocytes in the yolk vesicle stage, the yolk globule stage, and the early migratory nucleus stage. In addition to the two oocyte groups above mentioned, the third oocyte group (III in Fig. 5) was separated from the middle-sized oocyte group II (Fig. 5B). The oocyte group III, which was composed of the oocytes in the migratory nucleus stage and the maturation stage, grew larger up to 1.8–2.2㎜ in diameter until the ovulation occurred (Fig. 5C–F). Thus, the ovulated oocytes of the group III were spawned. In some ovaries after the spawning, small fraction of ovulated oocytes were remaining in the ovarian cavity (Fig. 5G). In such ovaries, the composition of the developmental stages of the oocytes was similar to that in the ovaries without the oocyte group III, except for the remaining ovulated oocytes (Fig. 5A, G, Fig. 6A, D). Every ovary without the oocyte group III had a lot of fresh postovulatory follicles. In the ovaries with the oocyte group III, the postovulatory follicles reduced in number as the oocyte group III increased in size and all of them were disappeared until the next ovulation occurred.

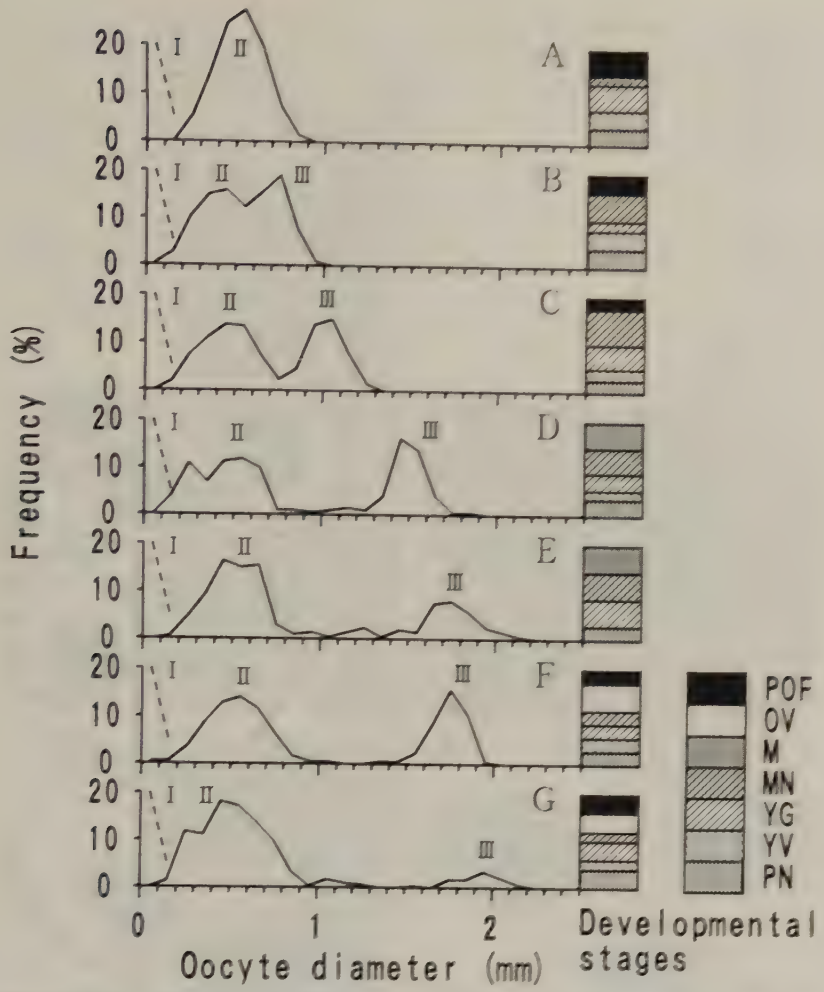


Fig. 5. Left: frequency distribution of ovarian oocyte diameter for different maturity phases of ovaries in *C. hiraii*. A, G: partly spent phase. B–E: developing phase. F: running phase. I: Small oocyte group (ϕ<0.1mm) indicated by the dotted lines. II: middle-sized oocyte group (ϕ=0.1–0.8mm). III: large oocyte group (ϕ>0.7mm mode). Right: the composition of the oocytes in the developmental stages including postovulatory follicles, which was determined by the histological observation. POF: postovulatory follicle. OV: ovulated stage. M: maturation stage. MN: migratory nucleus stage. YG: yolk globule stage. YV: yolk vesicle stage. PN: peripheral nucleolus stage.

Change in the maturity phases

Every female fish had either postovulatory follicles or maturing oocytes in the ovary, indicating all females examined were matured in the fishing season in 1991. To clarify the spawning season of the flying fish, conditions of the mature ovaries

Table 2. Maturity phases of ovaries in *C. hiraii.*

Maturity phase	Oocyte groups	Histological characteristics
Partly spent phase	I, II	There are oocytes only before the yolk globule stages and many postovulatory follicles. Little atretic oocytes are observed.
Developing phase	I, II, III	Oocytes in the maturation stage appear and increase the size until the ovulation occur.
Running phase	I, II, III	The ovarian cavity is filled with ovulated oocytes.

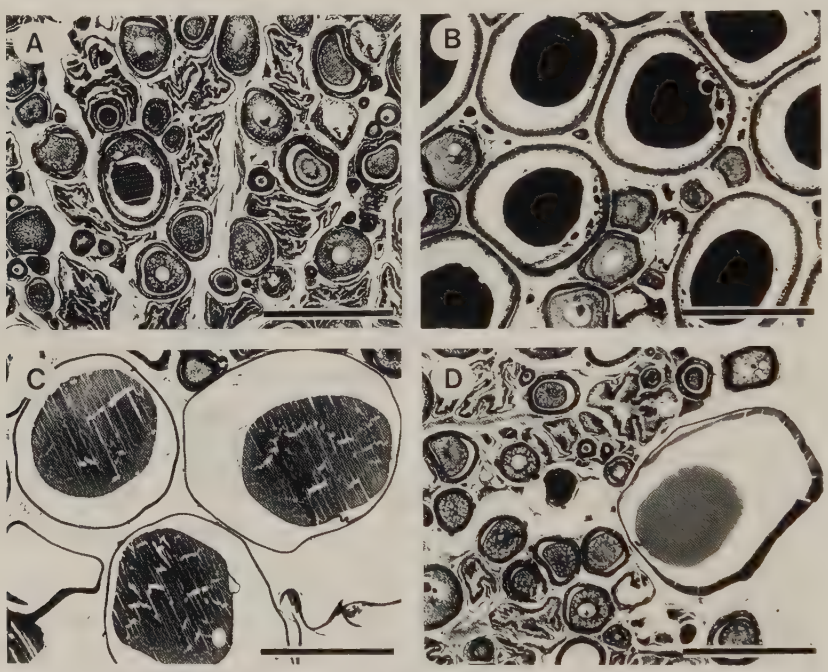


Fig. 6. Micrographs of ovaries in *C. hiraii* in different maturity phases. Bar= 1mm. **A**: partly spent phase. **B**: developing phase. **C**: running phase. **D**: partly spent phase with small fraction of ovulated oocytes remaining in the ovarian cavity.

was subdivided into three phases, *i.e.*, partly spent, developing, and running phase, based on the composition of the oocytes in each of the developmental stages including the postovulatory follicles in relation with the size groups of the oocyte diameters (Table 2, Fig. 5, 6). The partly spent ovary had two oocyte groups and many fresh postovulatory follicles, indicating the fish with the ovary in this phase was after a spawning. While, few atretic oocytes could be found in the partly

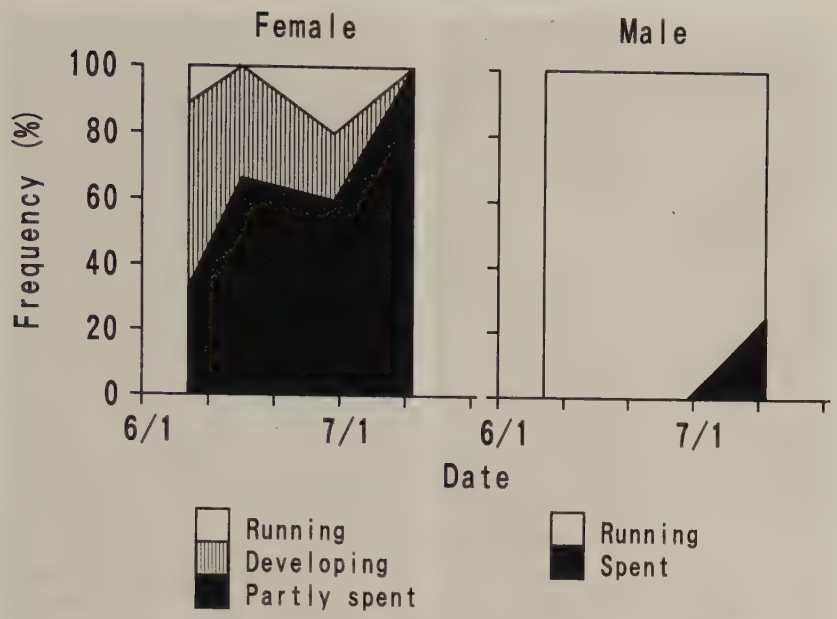


Fig. 7. Changes in the occurrence of maturity phases of ovaries and testes in *C. hiraii* during the fishing season in 1991.

spent ovary, suggesting the ovary in this phase would develop mature oocytes, again. The ovary with a few ovulated oocytes remaining in the ovarian cavity was also classified as the partly spent phase, because these two types of ovaries were histologically same with the exception of a small fraction of the remaining oocytes, as described above. The ovary in the developing phase had the large oocyte group III composed of the oocytes in the maturation stage, which gradually increased their size until the ovulation occurred. The ovary filled with ovulated oocytes in the ovarian cavity was in the running phase, which seemed to be just before the spawning. The females having GSI of about 20 (Fig. 3) were in the running phase.

Fig. 7 shows the change of the occurrence of the females in three maturity phases in *C. hiraii* during the fishing season in 1991. At the beginning of the fishing season, most females were either in the developing phase or in the partly spent phase. The frequency of females in the partly spent phase increased from June to July, and all females examined were in the partly spent phase at the end of the fishing season.

Also, histological observations of the testes were carried out. Maturity phases of testes in *C. hiraii* in the fishing season were classified into two, *i.e.*, running and

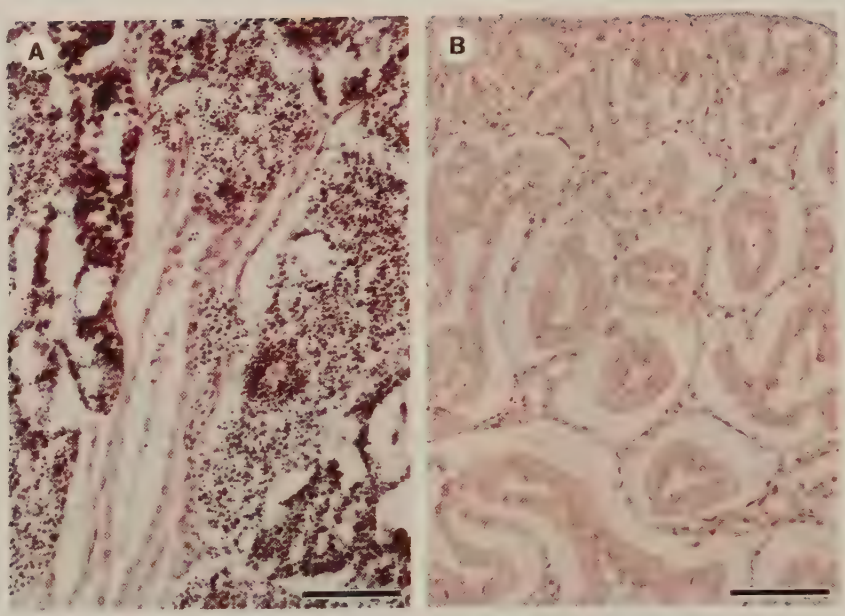


Fig. 8. Micrographs of testes of *C. hiraii*. Bar=50 μm. **A**: running phase. **B**: spent phase.

spent phase (Fig. 8). As well as females, immature males were not found in this fishing season. In the running testis, the sperm duct was filled with sperm and a lot of cysts were in the spermatogenesis. Sperm was spilled out from the sperm duct by cutting the running testis. The spent testis was much thinner than the running one. These testes had a little sperm in the sperm duct and little cysts were developing sperm. Throughout the fishing season in 1991, all male samples were in the running phase with the exception of a few spent males appearing at the end of the fishing season (Fig. 7).

Degeneration of postovulatory follicles

Fig. 9 shows the process of degeneration of the postovulatory follicles during the oocyte development. The granulosa cells of an postovulatory follicle just after the ovulation were columnar in shape and their nucleus were located near the basement membrane (Fig. 9A). In these follicles, the granulosa layer was firmly in contact with the thecal layer. While, in the partly spent ovaries, the granulosa layer in some postovulatory follicles separated from the thecal layer (Fig. 9B). As the maturing oocytes grew up, the number of postovulatory follicles increased, in which the granulosa cells became flattened and then lost their shape (Fig. 9C, D).

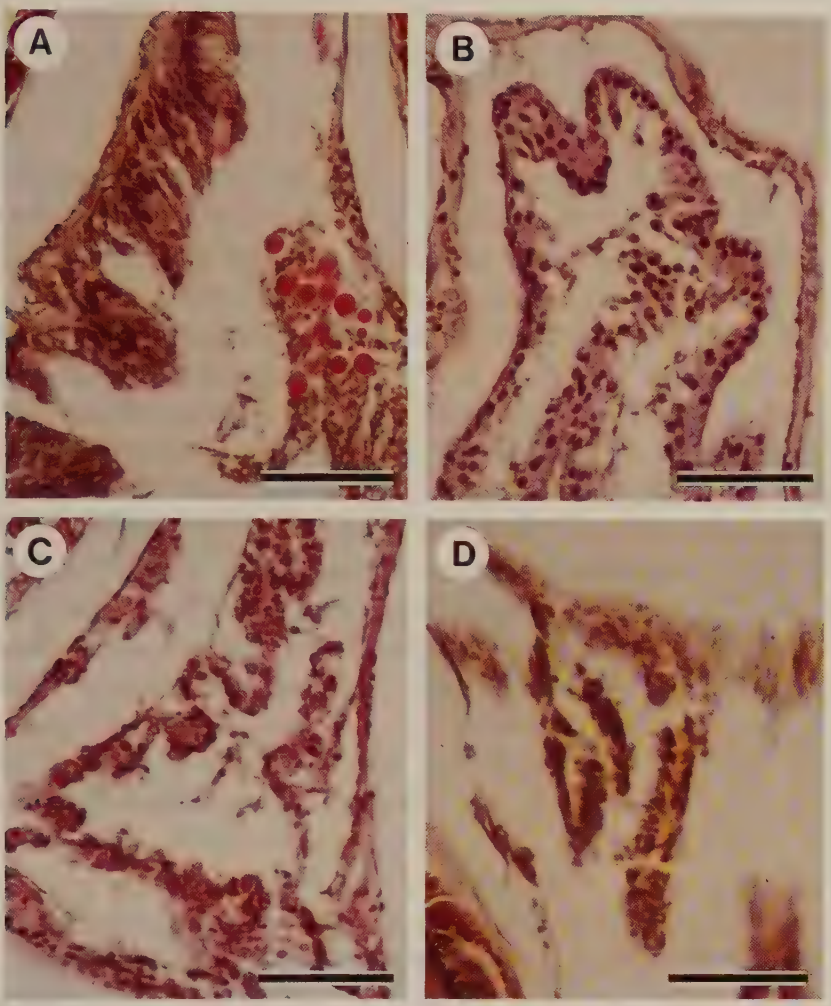


Fig. 9. The process of degeneration of postovulatory follicles. Bar=50 μm. **A**: postovulatory follicle just after the ovulation. **B**: postovulatory follicle in the partly spent ovary. **C**: postovulatory follicle in the developing ovary. **D**: old postovulatory follicle before the next ovulation.

Many leucocytes appeared among such degenerating postovulatory follicles. In the later developing phase, there was little postovulatory follicles remaining. In the running ovaries, there were many newly formed postovulatory follicles, but not old ones.

DISCUSSION

Spawning frequency

It is reported that *C. hiraii* spawns a single batch[5] and dies after the spawning[6]. In this study, histological observations shows that the ovaries with maturing oocytes had many fresh postovulatory follicles, suggesting the ovary of *C. hiraii* developed mature oocytes even after a spawning. It is also indicated histologically that the postovulatory follicles degenerated as the maturing oocytes grows. The number of the postovulatory follicles decreased in parallel with the degeneration of their shape. The aggregation of the leucocytes among the degenerating postovulatory follicles suggests the active absorption of the follicles was occurring. These process of the degeneration of the postovulatory follicles suggests the newly formed postovulatory follicles were collapsed and absorbed before the next batch grew up to be ovulated. These results indicates that *C. hiraii* spawns at least twice. Three oocyte groups could be recognized in the ovary of *C. hiraii*. The pattern of the frequency distribution of oocyte diameter shows that newly developing mature oocyte group III were separated from the middle-sized oocyte group II and then grew up to be a next spawning batch (Fig. 5). This pattern of the oocyte development in *C. hiraii* is similar to that in the Japanese sardine, *Sardinops melanostictus*, which is a multiple spawner[10]. In this study, however, it is not confirmed whether *C. hiraii* spawns more than three times in the southwest Japan Sea. A large amount of oocytes in the middle-sized group II began to mature at the same time. Therefore, the process of oocyte development in *C. hiraii* can be classified as the group-synchronous type. The mature oocytes were separated from the middle-sized oocyte group, suggesting the middle-sized group worked as a reservoir of spawning batches. However, it is not clear whether all of the middle-sized group would be spawned or some part of them would be absorbed at the end of the spawning season.

Spawning migration

In this study, every ovary had either postovulatory follicles or maturing oocytes throughout the fishing season in 1991, indicating that the fish had already experienced spawning or was ready to spawn when it came into Fukawa Bay. As well as females, all males were matured with the exception of a few samples at the end of the fishing season. These observations indicate that *C. hiraii* had already been in the spawning season when they migrated inshore of Fukawa Bay. As discussed above, *C. hiraii* spawns twice or more and there was few atretic oocytes

even in the partly spent ovary, suggesting the fish still had the spawning activity when they left the bay. However, the school of *C. hiraii* spawned in Fukawa Bay did not stay there over an extended period of time and was replaced by the other school one after another, because the fork length of the fish shifted to smaller-size as the fishing season advanced (Fig. 2). It is possible that the flying fish left Fukawa Bay might move to the eastern area of the Japan Sea, because the fishing ground moved toward the east as the fishing season advanced[1, 11]. Some tagging experiments also suggested the eastward movement of the flying fish[5]. Although some spent male appeared, no spent female was found even at the end of the fishing season, suggesting that it still had the spawning activity when it left the coastal water of Fukawa Bay in the mid-July and the fish would continue spawning in the other areas. *C. hiraii* spawns at least twice, also supporting this idea.

It is described that *C. hiraii* migrated north from the western part of the Kyushu and stayed offshore the Japan Sea, until it matured and approached to land for spawning[3, 5]. Also, it is reported that the flying fish in the more advanced maturity phases were caught with set net stated inshore than that with gill net or purse seine operated offshore[5]. Therefore, it is possible that only matured fish was obtained with inshore set net and premature fish were not found in this study. For the future study, the maturity phases of the fish caught by other fisheries are expected to compare with those in the present study to investigate the spawning migration of the flying fish.

ACKNOWLEDGEMENT

We wish to thank Prof. S. Matsuura, Fac. Agr., Kyushu Univ., Fukuoka, Japan, for his helpful advice and critical reading of the manuscript.

REFERENCES

1) S. Moriwaki 1988: Fluctuations of the fishing condition of the flying fishes in the western coast of the Japan Sea. In "Reports on the flying fishes living in the western coast of the Japan Sea", Vol. 1, 19–30., Tajima Reg. Fish. Off., Hyogo Pref., Kasumi, Japan, Tottori Pref. Fish. Exp. Sta., Sakaiminato, Japan and Shimane Pref. Fish. Exp. Sta., Hamada, Japan. (in Japanese).

2) K. Masuda 1988: The actual conditions of the fisheries on the flying fishes in the western coast of the Japan Sea. In "Reports on the flying fishes living in the western coast of the Japan Sea", Vol. 1, 1–18., Tajima Reg. Fish. Off., Hyogo Pref., Kasumi, Japan, Tottori Pref. Fish. Exp. Sta., Sakaiminato, Japan and Shimane Pref. Fish. Exp. Sta.,

Hamada, Japan. (in Japanese).

3) S. KOJIMA 1969: Studies on the migration and spawning habit of the flying fish, *Cypselurus opisthops hiraii* ABE–II. Behavior of the school approaching land for spawning. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **35**, 284–288. (in Japanese with English abstract).

4) S. KOJIMA 1971: Studies on the migration and spawning habit of the flying fish–IV. Distribution of eggs in the spawning ground. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **37**, 284–288. (in Japanese with English abstract).

5) T. HUKUI 1988: Biological studies on the flying fishes in the western coast of the Japan Sea. In "Reports on the flying fishes living in the western coast of the Japan Sea", Vol. 1, 31–64., Tajima Reg. Fish. Off., Hyogo Pref., Kasumi, Japan, Tottori Pref. Fish. Exp. Sta., Sakaiminato, Japan and Shimane Pref. Fish. Exp. Sta., Hamada, Japan. (in Japanese).

6) I. OKACHI 1958: Studies of morphological characteristics and growth of the flying fishes caught in the Japan Sea. *Ann. Rept. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab.*, **4**, 15–24. (in Japanese with English abstract).

7) H. TSUKAHARA, T. SHIOKAWA and T. INAO 1957: Studies on the flying-fishes of the Amakusa Islands. Part 3. The life histories of three species of the genus *Cypselurus* (1). *Sci. Bull. Fac. Agr., Kyushu Univ.*, **16**, 287–303. (in Japanese).

8) K. UCHIDA, S. IMAI, S. MITO, S. FUJITA, M. UENO, Y. SHŌJIMA, T. SENTA, M. TAHUKU and Y. DÔTU 1958: Studies on the eggs, larvae and juvenile of Japanese fishes. Series I., 89pp., 2nd Lab. Fish. Biol., Fish. Dept., Fac. Agr., Kyushu Univ., Fukuoka, Japan. (in Japanese).

9) S. IMAI 1959: Studies on the life histories of the flying-fishes found in the adjacent waters of Japan–I. *Mem. Fac. Fish., Kagoshima Univ.*, **7**, 1–85. (in Japanese).

10) Z. NAKAI 1962: Studies relevant to mechanisms underlying the fluctuation in the catch of the Japanese sardine, *Sardinops melanosticta* (Temminck & Schlegel). *Japan J. Ichthyol.*, **9**, 1–115.

11) I. OKACHI 1958: Studies on the distribution and structure of the fish fauna in the Japan Sea by catch statistics–I. Seasonal distribution and fishing condition of the fishes in the Tsushima warm current system. *Ann. Rept. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab.*, **4**, 1–13. (in Japanese with English abstract).

日本海西南部におけるホソトビウオ *Cypselurus hiraii* の卵巣成熟と産卵について

阿部　寧*・河野光久**・手島和之*

抄　　録

日本海西南部の沿岸域に来遊して産卵を行うホソトビウオ *Cypselurus hiraii* は定置網や刺網漁業にとって重要な資源の1つであるが，その生態については未知の部分が多い．本研究では，日本海西南部におけるホソトビウオの卵巣成熟過程を明らかにするために，生殖腺の組織切片を作製して成熟状態の検討を行うとともに卵巣卵の卵径組成を調べた．サンプルは山口県深川湾において1991年のトビウオ漁期6～7月に定置網で漁獲されたもので，尾叉長が20～24cmの成魚であった．すべての雌は成熟した卵巣を持ち，産卵期を終えた雌は見いだせなかった．すべての卵巣には小さい卵群（φ＜0.1mm）と中位の大きさの卵群（φ 0.1–0.8mm）が見いだされた。前者は周辺仁期以前の卵からなり，後者は卵黄胞期から卵黄球期までの卵からなっていた。中位の大きさの卵群から第3の卵群が分離して成熟卵が形成され，卵径が1.8–2.2mmで排卵された．成熟卵を発達させている卵巣には排卵後濾胞が存在しており，次の排卵が起こるまでに分解吸収される過程が観察された．これらの結果はホソトビウオは少なくとも2回以上の産卵を行うことを示している．

西水研研報　第71号　平成5年12月
Bull. Seikai Natl. Fish. Res. Inst., No. 71, December 1993

油谷湾におけるロウソクエビ類の生物特性

小嶋喜久雄*・林　健一**

Biological Characteristics of Four Species of the Caridean Shrimps, Genus *Processa* in Yuya Bay, Yamaguchi Prefecture, Japan

Kikuo Kojima* and Ken-Ichi Hayashi**

ABSTRACT

Biological investigations were made on four caridian shrimp species belonging to the genus *Processa* (*P. japonica, P. aequimana, P. sulcata, P. kotiensis*) using specimens collected from Yuya Bay during the period of 1986 to 1990. Among these four species, the first three species were distributed maily in the *Zostera* belt formed in the inner part of the bay, while the last species occurred in the sandy-mud bottom near the mouth of the bay. The results of size-frequency analysis indicated that juveniles of *P. japonica* first appeared in August grew up gradually toward August of the next year, showing one generation per year. On the other hand, the remaining three species exhibited short and long generations in the year. The short generation of *P. kotiensis* occurred from May to November or December. Its long generation lasted nearly for one year, with the first appearance of its juveniles in July, and lasting through June/August of the next year. In *P. aequimana,* its short generation was seen from August to October and its long generation from October to the next September. *P. sulcata* had a similar life-cycle to that of *P. kotiensis.* The spawning period was estimated to last for 12 months for *P. kotiensis,* ten months for *P. sulcata,* six months for *P. aequimana* and *P. japonica.* The relationship between cluch size (the number of eggs) and the body length of females was established for each species. Stomach contents of *P. japonica* were filled exclusively with opercula of gastropods, indicating a very narrow food preference. *P. kotiensis* and *P. sulcata* fed primarily on the polychaetes, while *P. aequimana* showed a wide food preference, as judged by its feeding on polychaetes, gammarids and other invertebrates. Observed spatial distribution patterns and feeding habits suggest that interspecific competition are unlikely among these four shrimp species.

平成5年12月24日受理（Received December 24, 1993）
西海区水産研究所業績第491号（Contribution from Seikai National Fisheries Research Institute No. 491）
*小嶋喜久雄，西海区水産研究所下関支所
〒750 下関市東大和町2-5-20（Seikai National Fisheries Research Institute, Shimonoseki Branch, Higashi-yamato-machi, Shimonoseki 750, Japan）
**林　健一，水産大学校
〒759-65 下関市永田本町2-7-1（Shimonoseki University of Fisheries, Nagata-hon-machi, Shimonoseki 759-65, Japan）

はじめに

油谷湾に出現するエビ・カニ類の種類や出現量の季節変化等については小嶋・花淵[1]が報告した.

これら甲殻類のうち，種類数，数量共に際立って多いのがコエビ下目（Caridea）で，特にアマモを中心とする藻場およびその周辺に分布するコエビ類には卓越種が多く，内湾生態系の大きな構成部分をなしている．また内湾の食物連鎖系において，餌料生物としてもヨコエビ類と共に極めて重要な位置を占めている.

西海区水産研究所下関支所では，前報の調査期間以後も油谷湾で，マダイおよびヒラメの初期生活期の解明のためのフィールド調査を行ってきた．これらの調査過程で幼魚の餌料としても重要な位置にあるコエビ類の種別の生物学的特性についていくつかの知見を得た.

本報では，湾内でもっとも普通に出現するロウソクエビ科（Processidae）4種の分布，成長，産卵，食性等の生物的諸特性について述べる.

ロウソクエビ類はテッポウエビ上科に属し3属からなるが，本邦ではミナミロウソクエビ属（*Nikoides*）とロウソクエビ属（*Processa*）が認められている[2]．このうち，ミナミロウソクエビ属は南方系で，多くは沖縄諸島のサンゴ礁などに分布しており，油谷湾ではロウソクエビ属だけが出現する.

油谷湾で分布が確認されているロウソクエビ類は次の5種である.

ロウソクエビ	*Processa japonica*	(De Haan, 1844)
コウチロウソクエビ	*P. kotiensis*	(Yokoya, 1933)
ヒシオロウソクエビ	*P. aequimana*	(Paulson, 1875)
ハヤシロウソクエビ	*P. sulcata*	Hayashi, 1975
カワリロウソクエビ	*P. dimorpha*	Hayashi, 1975

上記5種のうち，カワリロウソクエビは採集尾数が少なく，ほとんど資料が得られていないので，ここではこれを除く他の4種について報告する.

ロウソクエビ類の生態に関する報告は極めて少なく，前川[3]，Kikuchi[4]，池末[5]らがロウソクエビの分布等について若干の報告を行っている程度で，他の3種の生態に関する報告はほとんどない.

本研究を行うにあたり，調査のために多大の便宜を与えていただいた山口県油谷町掛淵漁業協同組合ならびに組合員各位に深く感謝する．また，本報告を校閲し貴重な御意見，ご指導をいただいた藤田矗西海区水産研究所下関支所長，田川勝同支所前底魚資源研究室長に感謝申し上げる.

試料と方法

使用した試料は成長，成熟，産卵，食性については主に1986年から1990年の間，油谷湾内で行った小型底びき網（4種3トン未満）と桁網による調査で得られた標本を用いたが，標本が著しく少ない部分については同じ漁具によるそれ以前の調査試料も用いた.

調査に使用した小型底びき網は，開口部に8mの張り竹を装着し，22mm目合いの網を用い，魚捕部（袋網）の外側にはさらにモジ網のカバーネットを装着した．桁網は間口1.5m，高さ0.5mの鉄製の枠に，長さ4m，目合3.2mmのモジ網を装着した．小型底曳網では湾内のほぼ5m以深の水域に設けられた定線を1回について10分間（約600m）曳網した．また桁網は湾南岸沿いの5mより浅い渚域，および湾奥のアマモ場の定線をそれぞれ5分間（約300m）曳網した（**Fig. 1**）．標本は採集後袋網，カバーを別々に容器に入れ10%フォルマリンで固定して研究室に持ち帰り，体長，体重の測定を行い，また腹肢付着卵と胃の採取を行った．体長（BL，眼窩後縁から尾節末端まで）はノギスを用いて0.1mm単位で，体重（BW）は電子天秤によって0.01g単位で計測した．抱卵数はそれぞれの種について25～40個体を抽出し実体顕微鏡を用いて全卵数を計数した．卵径は液浸後1～3か月の間に，種ごとに10個体について各100粒ずつ万能投影器で長径と短径を測定した．また，それぞれの種について30～50個体の胃内容物について，実体顕微鏡および生物顕微鏡下で調査した.

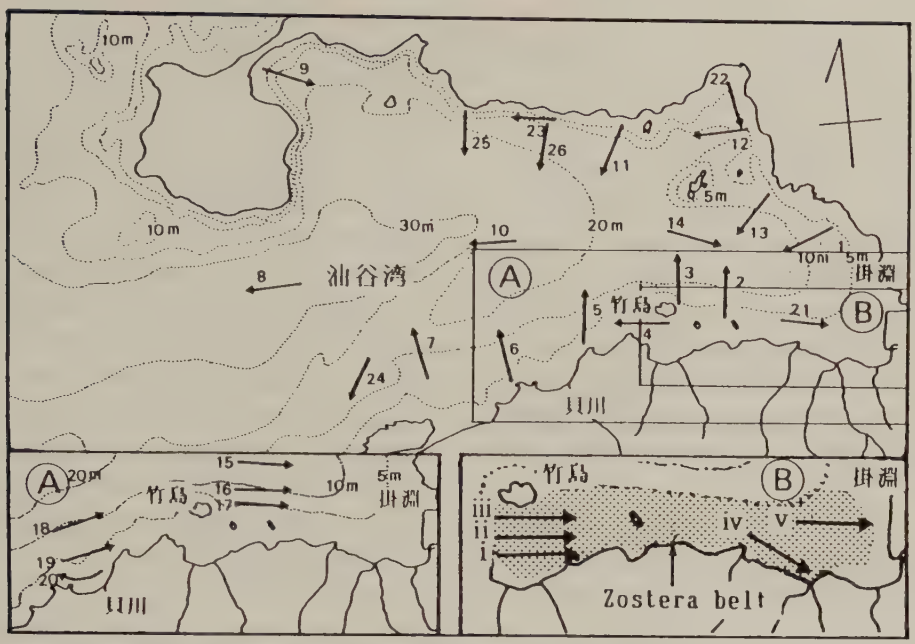


Fig. 1. 小型底びき網および桁網による調査定線　模様部分はアマモ水域
Sampling stations of small beam trawl (1～26) and dredge net (i v) in Yuya Bay. Shaded area shows *Zostera* belt.

種の形態と特徴

ロウソクエビ（*P. japonica*）：4種の中では最も大形で，額角は三角形，両側が盛り上がり，先端は二叉しない．第5腹節の側板は丸く，第6腹節のそれは三角状である．尾節上面の2対の棘は小さい．第3顎脚には外肢がない．第2歩脚は左右不相称で，右側腕節は41～50分節，長節は13～22分節，左側腕節は15～19分節，長節は3～8分節である．第3歩脚の長節には普通3本，第5歩脚前節には25本以上の棘がある．

コウチロウソクエビ（*P. kotiensis*）：前種より小形であるが，後述の2種よりやや大形である．額角は細長く先端は二叉する．第5腹節の側板は丸く，第6腹節の側板は截形である．尾節背面の2対の棘は大きく，後縁は突出しない．第3顎脚には外肢がある．第2歩脚は左右不相称，右側腕節は21～27分節，長節は9～12分節，座節は2分節，また左側腕節は16～17分節，長節は5～7分節，座節は分節しない．第3歩脚長節には普通5本の棘が，また第5脚前節には2棘がある．

ヒシオロウソクエビ（*P. aequimana*）：額角は細長く，先端は2叉する．第5腹節の側板は丸く，第6腹節の側板には棘がある．尾節の背面には2対の棘，後縁中央には非常に小さい棘がある．第3顎脚には外肢がある．第2歩脚は左右相称で腕節は9～11分節，長節と座節は分節しない．第5歩脚の前節の後縁には棘がない．

ハヤシロウソクエビ（*P. sulcata*）：額角は細長く，先端は2叉する．眼窩後方に溝がある．第5腹節側板の後縁は尖り，第6腹節側板は截形か三角状である．尾節の背面には大きな2対の棘がある．第3顎脚には外肢がある．第2歩脚は左右不相称で，右側腕節は21～30分節，長節10～14分節，座節2～3分節，左側腕節10～14分節，長節3～7分節，座節には分節はない．第3歩脚の長節には普通4本の棘，第5歩脚前節には10～13本の棘がある．

結　　果

(1) 分布および出現期 (Fig. 2, 3)

ロウソクエビ：本種はアマモ場に多く現われ湾南岸奥部のアマモ場に最も多く分布するが，湾中央部から南岸の外洋水の流入経路に沿った水域でも一部採集されている．アマモ場では冬季の分布量は極めて少なく，初夏から次第に増加しはじめ，9月～11月に分布密度が最も高くなる．9月～11月の群は夏季に発生した幼エビで，この群の密度は12月以降急速に低下する．本種の移動生態は十分明らかではないが，冬季に藻場でも僅かに採集され，また藻場外の深みでも採集されている．

コウチロウソクエビ：他種に比べて外洋的性格の強い種で湾口付近に多く，さらに外洋水の影響の強い南岸に分布し，湾奥部やアマモ場にはほとんどみられない．湾内ではほぼ周年採集されている．分布量は晩秋から早春にかけて少なく，6月から8月にかけて新生の幼エビ加入期に最も多くなる．

ヒシオロウソクエビ：小形の種類で，湾内のロウソクエビ類中最も分布量が多く，湾内全域に分布する．最も多いのは湾奥部の南東岸一帯で，特にアマモ場縁辺部からアマモ群落内にかけて著しい．秋から初冬にかけては藻場の内外を問わず大量に出現するが，これは夏季に発生した寿命の短い群（短期世代と言われるもの）とそれに由来する越冬する群（長期世代と言われるもの）の幼期エビ群で，この後冬季から晩春にかけて分布密度は低下する．

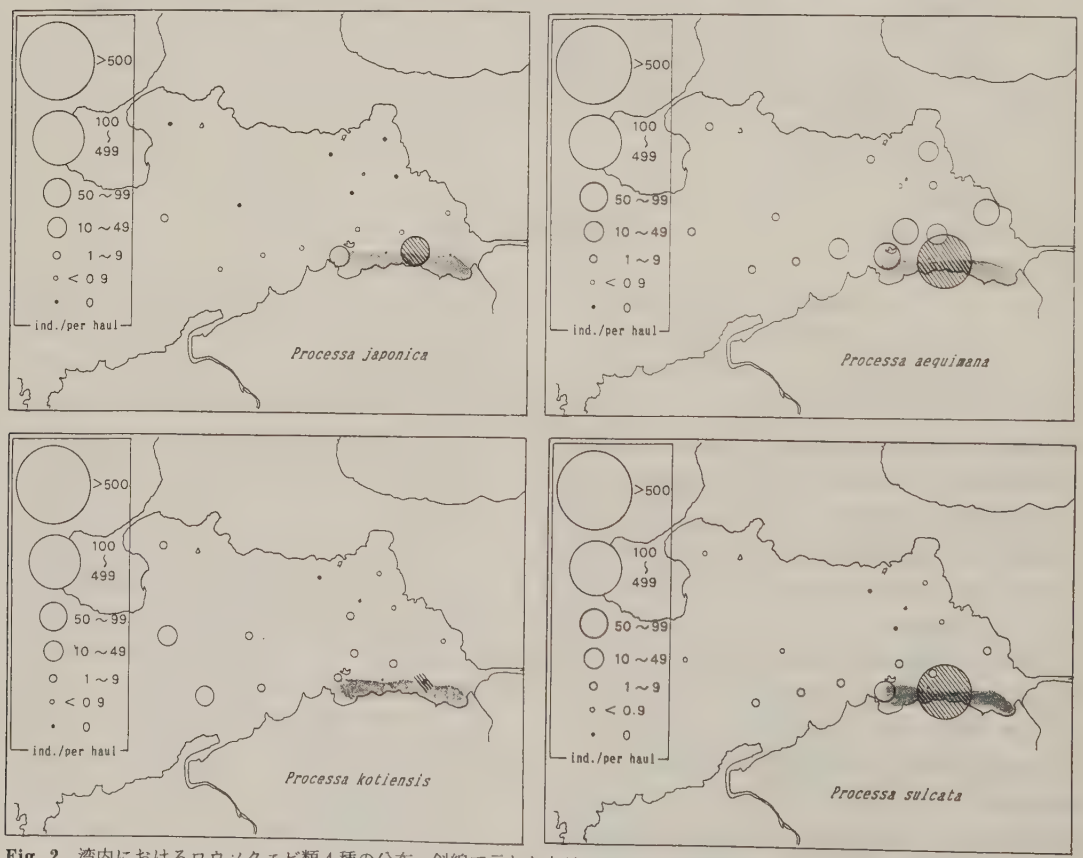


Fig. 2. 湾内におけるロウソクエビ類4種の分布　斜線で示した丸はアマモ場の分布量を示す
Distribution of *Processa* in Yuya Bay. Shaded area shows *Zostera* belt and shaded circle represents data from that belt.

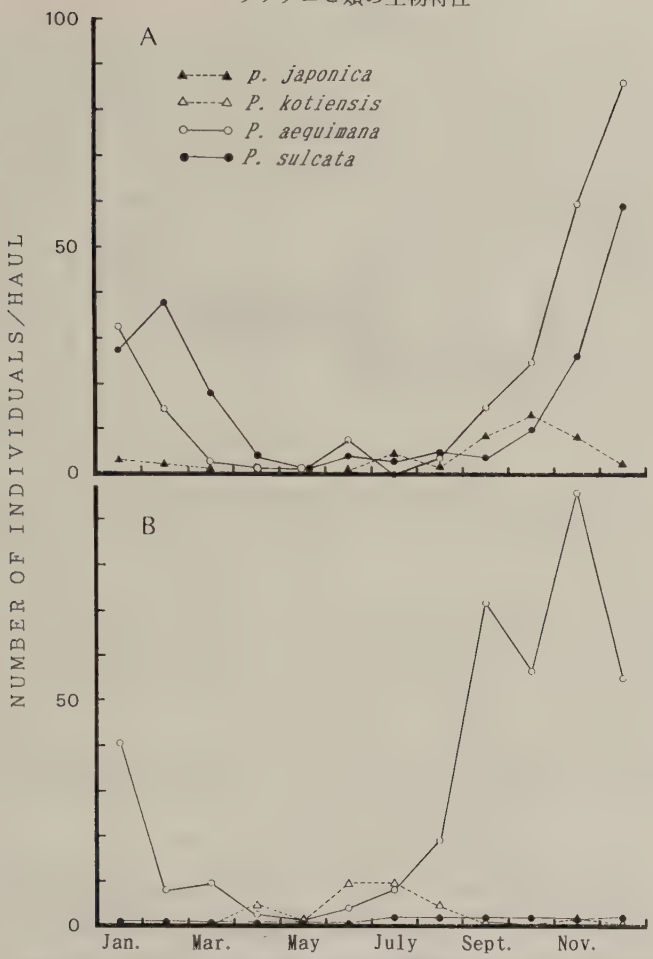


Fig. 3. ロウソクエビ類4種の平均採集尾数の季節変化
A…アマモ場　B…アマモ場以外
Monthly changes of number of individuals per haul of four species of *Processa* in Yuya Bay.
A : Data from *Zostera* belt ; B : Data from bay excluding *Zostera* belt.

ハヤシロウソクエビ：ヒシオロウソクエビと同大の種で，両種は藻場で同時に採集されることが多い．アマモ場に最も多く分布し，アマモ場外側の南岸一帯にも薄く分布する．アマモ場では10月から2月にかけて分布密度は高いが，この群は短期世代の一部と夏から秋にかけて発生した長期世代から成っており，春先から夏季にかけて密度は極めて低くなる．

(2) 成長 (Fig. 4～7)

① 成長および世代の出現期間

ロウソクエビ：8月に14～15㎜にモードを持つ幼エビ群が出現する．雌の成長の動きをみると，体長幅は10月には14㎜台から30㎜台前半までの広い範囲にわたるが，モードは22～23㎜にあって12月までほとんど変化がない．冬から春先にかけて採集個体が減少するのでモードの位置は明瞭ではない．4月頃から成長が早まり，5月のモードは30㎜をこえ，7月には35～36㎜，8月には40㎜前後となる．大型個体が10月を最後にみられなくなっており，前年発生群はこの頃までに死滅するものと考えられる．一方，雄のモードは9月に20㎜にあり，そのまま12月まで変化がみられない．この後，翌年4月までは採集個体が少なくモードは明瞭ではないが，5月に23㎜，7月に25㎜にモードがみられる．雄の最大体長は37㎜であった．

コウチロウソクエビ：先に述べたように本種は外洋的性格が強く，アマモ場には出現しない．外洋性の種

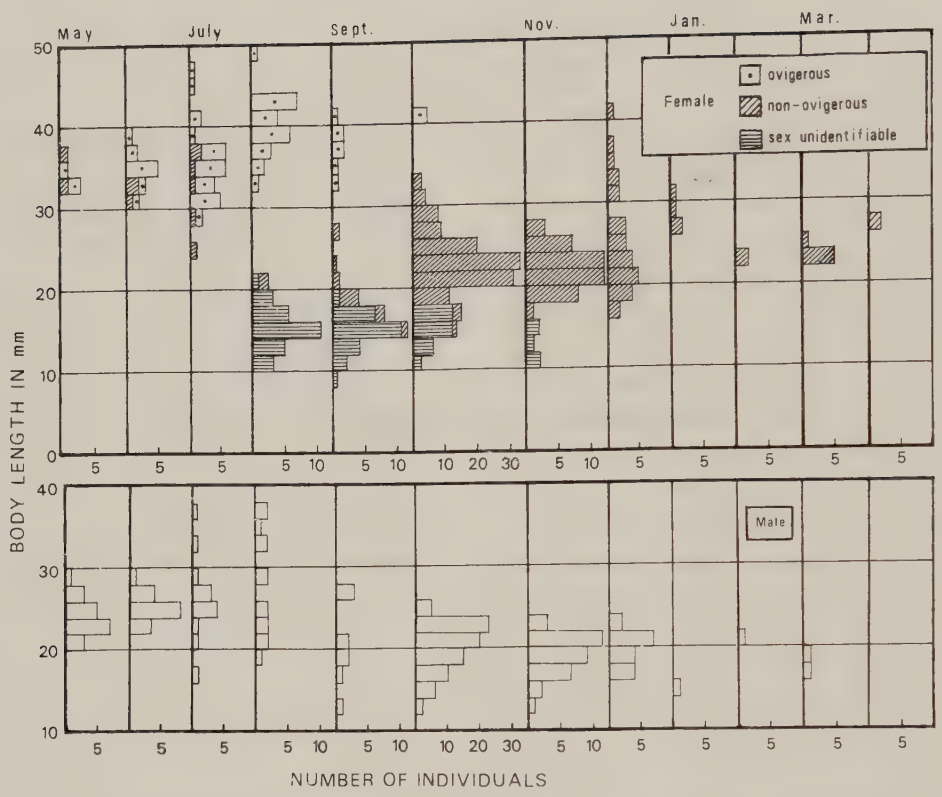


Fig. 4. ロウソクエビの月別，雌雄別体長頻度分布
Monthly change of body length frequency distribution of *Processa japonica* from Yuya Bay.

類にはタラバエビ科のように周年にわたって産卵する種類が多く，体長組成は一般に複雑である．本種も後述するように産卵期が長く，モードは不明瞭であるが，おおまかに成長をトレースすると次のようになる．

雌は５月に14㎜にモードを持つ幼エビが出現する．別に17～18㎜にもう一つのモードがみられ，前者は６月に18㎜，７月に22㎜，９月には24㎜へ，後者は６月に23㎜，７～８月には25㎜へとほぼ平行して成長する．この２群は春先に相次いで発生したもので短期世代を構成し，その出現期間は６～７カ月程度と考えられ，他の内湾性コエビ類の短期世代より出現期間がやや長いようである．これらとは別に７月には16㎜に新しいモードが形成され，これが10月に19㎜，そして翌年３月には21～22㎜，５月に26㎜へと急速に成長して行く．この群は長期世代で，最大体長は32㎜，最終生存個体の出現は８月，この世代の出現期間は15カ月であった．

雄は雌に比べて体長幅が狭く，見掛け上のモードはやや単純にみえる。雌同様５月に最初のモードが15㎜付近に現われ，６月には18㎜に動き，８月には20㎜に達する．これは短期世代で出現期間は雌同様６カ月程度である．７月にはこれに続いて長期世代が現われ，８月に16㎜，11月に18㎜へとモードが動いて行く。さらに翌春４月に20㎜，そして６月には23㎜付近に達して群は消滅する．出現期間は11か月程度で，最大体長は24㎜であった．

ヒシオロウソクエビ：雌は８月に最小体長８㎜，12～13㎜にモードを持つ群が現われ，９月には13～14㎜，に10月には15～16㎜に達して出現後３カ月で消滅する．これは短期世代である．10月には短期世代から生まれた11㎜にモードを持つ群が出現し，12月には14㎜に，翌年１月には16㎜に達する．このモードはそれにつづく２月，４月のそれより大きくなっているが，これは１月の標本がほとんどアマモ場で採集されたことが影響している可能性がある．本種

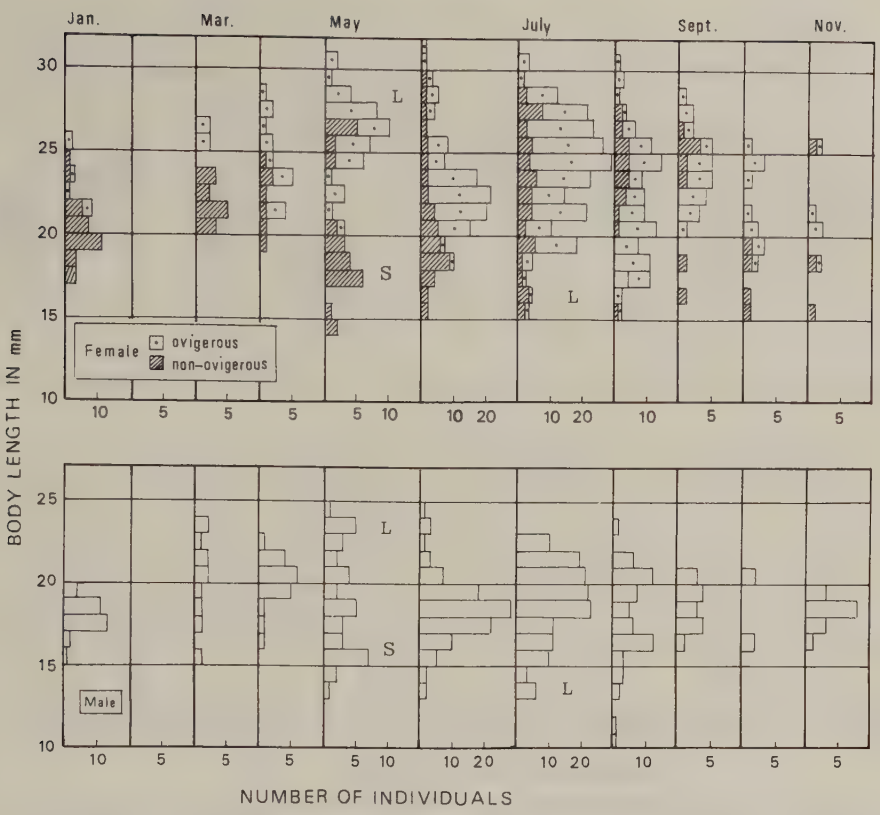


Fig. 5. コウチロウソクエビの月別，雌雄別体長頻度分布
L：長期世代　S：短期世代
Monthly change of body length frequency distribution of *Processa kotiensis* from Yuya Bay.
L : Long life generation S : Short life generation

は一般にアマモ場内の個体はアマモ場外のものより大型のものが多く見られる傾向がある（同様な傾向はソコシラエビでも観察される）．この群は６月には18㎜，８月に21㎜となり，９月に消滅する．最大体長は24㎜である．湾内には周年みられ，長，短両世代は８～９月の２カ月間は重複して出現する．

雌も８月に11㎜にモードを持つ短期世代が現われ，９月に12㎜，10月には13㎜に成長し，11月に消滅する．９月にはこのモードの下端に連続して長期世代の加入が始まり，11月12㎜，12月13～14㎜，翌年５月には15㎜，７月には16㎜へと成長し，８月にはほぼ消滅する．最大体長は19㎜である．

ハヤシロウソクエビ：本種は産卵期が10カ月にも及ぶため，体長組成はやや複雑である．

雌は６月に最小体長14㎜で，15㎜にモードを持つ群が現われ，８月に18㎜に成長し，出現後３カ月で８月中に消滅する．７月から９月にかけてこれより小型の抱卵群が認められるが，これは前者と前後して連続的に発生した短期世代と思われ，10月頃までに死滅するようである．この短期世代に由来する秋季発生群が９月頃から現われはじめ，12月に15～16㎜に成長し，翌年５月に20㎜になった後次第に減少するが，最後のものは８月頃まで生存する．この群は長期世代で，その最大体長は24㎜，出現期間は12カ月程度である．

雄の短期世代については採集数が少なく，モードを追跡しにくいが，雌と同じく６月に出現し，８月までの３カ月間10㎜台で成長して消滅する群があるように見える．そして10月に10㎜にモードを持つ長期世代が出現し，12月には13㎜，翌年３月には15～16㎜に成長し，６月頃まで生存する．最大体長は19㎜，世代の出現期間は10カ月程度と思われる．

② 体長―体重関係

４種の体長―体重関係においては雌雄間で若干の差が認められ，いずれも雌がやや大きい．したがって，

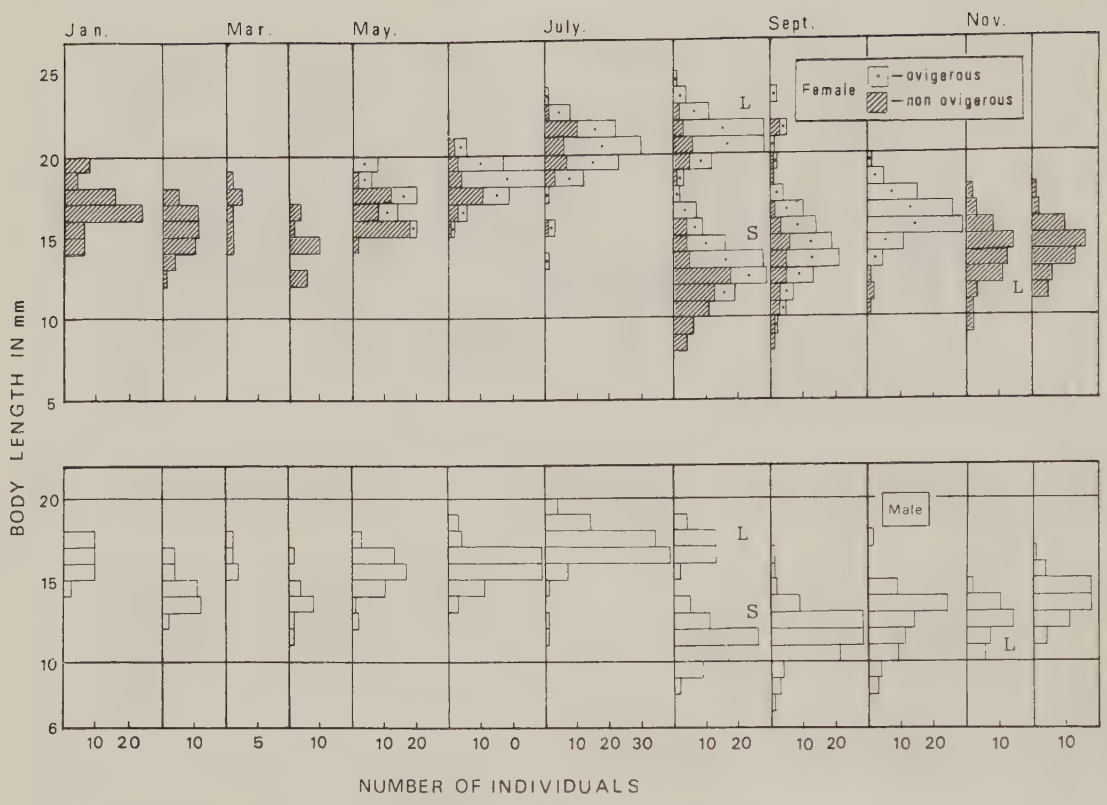


Fig. 6. ヒシオロウソクエビの月別，雌雄別体長頻度分布
L: 長期世代　S: 短期世代
Monthly change of body length frequency distribution of *Processa aequimana* from Yuya Bay.
L: Long life generation　S: Short life generation

種類別，雌雄別に体長－体重関係式を求め，以下の関係式を得た．(**Fig. 8**)

ロウソクエビ　雄：log BW＝−4.7759+2.9576 log BL
　　雌：log BW＝−4.8600+3.0489 log BL
コウチロウソクエビ雄：log BW＝−4.4940+2.7614 log BL
　　雌：log BW＝−4.4683+2.7765 log BL
ヒシオロウソクエビ雄：log BW＝−4.4272+2.5954 log BL
　　雌：log BW＝−4.6590+2.8573 log BL
ハヤシロウソクエビ雄：log BW＝−4.7771+2.9867 log BL
　　雌：log BW＝−4.8193+3.0944 log BL

(3) 成熟・産卵

① 産卵期

抱卵個体の月ごとの出現状態については前掲のFig. 4〜7に示した。

ロウソクエビ (**Fig. 4**)：本種は5月に最初の抱卵個体が出現し，以後成長しながら産卵を繰り返す．産卵盛期はアマモ場に最も多く出現する7月，8月にあり，9月以降分布量は急減するが10月まで抱卵個体が認められ，産卵期間はおおよそ6カ月間である．本種の抱卵最小体長は29㎜，最大体長49㎜が観察されたが，体長30㎜以上のすべての雌が成熟し，産卵する．他の種と異なり一世代が認められるだけである．

コウチロウソクエビ (**Fig. 5**)：湾内に出現する1月から11月まで間断なく抱卵個体が認められる．5月に現われる17〜18㎜にモードを持つ春期発生群は6月に20㎜台で大部分が抱卵し，その後連続的に発生，添加して来る群と合わさって7〜8月には15㎜から30㎜の幅広い体長範囲を持つ産卵群となる．この群は短期世代に相当するもので，10月頃には抱卵個体は急速に減少する．この短期世代に由来する長期世代のうちの早生まれのものは一部秋口から抱卵するが，大部分は翌年4月から6月にかけて抱卵し，7月頃には産卵

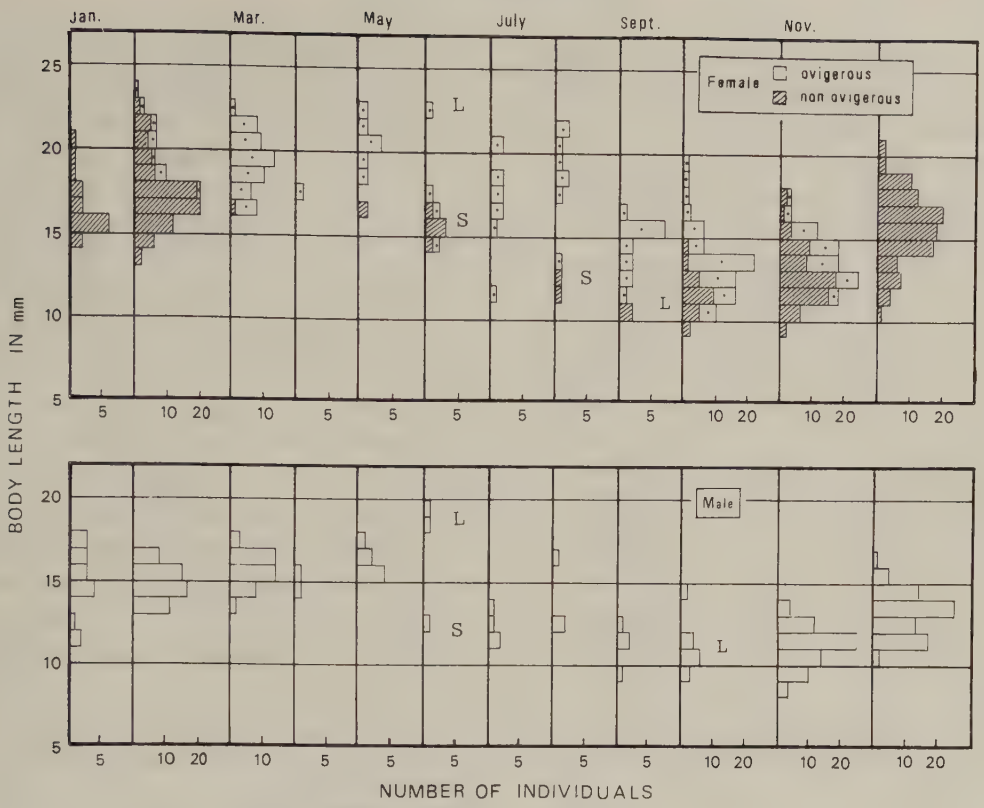


Fig. 7. ハヤシロウソクエビの月別，雌雄別体長頻度分布
L: 長期世代　S: 短期世代
Monthly change of body length frequency distribution of *Processa sulcata* from Yuya Bay.
L: Long life generation　S: Short life generation

群は消滅する．観察された抱卵最小体長は短期世代で15㎜，最大は長期世代の32㎜であった．

ヒシオロウソクエビ（**Fig. 6**）：8月に現われる短期世代のうちの大型個体の大部分は既に抱卵しているが，9月になるとより小さい個体も抱卵し，10月にはこの群のすべてが産卵に加わって，11月には消滅する．長期世代は越年後の5月から抱卵個体が出現し，6月から8月にかけて産卵盛期を迎えるが9月には急速に減少し，10月には出現を見ない．短期世代の産卵期間は3カ月間，長期世代のそれは5カ月間である．抱卵最小体長は短期世代の9㎜，同最大体長は長期世代の24㎜であった．

ハヤシロウソクエビ（**Fig. 7**）：本種の産卵期間は2月から11月の10カ月に及ぶ．短期世代の早いものは6月に現われ，7～8月に産卵が行われる．9月にそれより遅れて発生したと思われる小さい個体の産卵盛期が認められるが，11月頃にはこれら短期世代の抱卵群は消滅する．10月と11月の群には抱卵した短期世代と無抱卵で年を越す長期世代とが混在している可能性がある．越冬した長期世代の大型の個体は2月から抱卵し始め，3月にはほとんどの雌が抱卵状態にある．抱卵個体は5月まで認められるが，6月には次の世代と交代する．本種の短期世代の出現期間は5カ月程度，長期世代のそれは約12カ月，最小抱卵体長は10㎜，最大は23㎜であった．

② 卵径

卵が一様に黄色を呈し，ゾエア眼も認められず，抱卵して間もないものと考えられる卵を抱卵初期卵として長，短径を測定した．また，卵が淡褐色を帯び，卵内には明らかに眼が認められ，尾節末端が頭頂部を回って背部中央付近まで達した段階の卵を発眼後期卵として同様に長，短径を測定した．体長の違いによる卵径差は認められなかった．種別に長短の卵径分布を**Fig. 9** に示した．

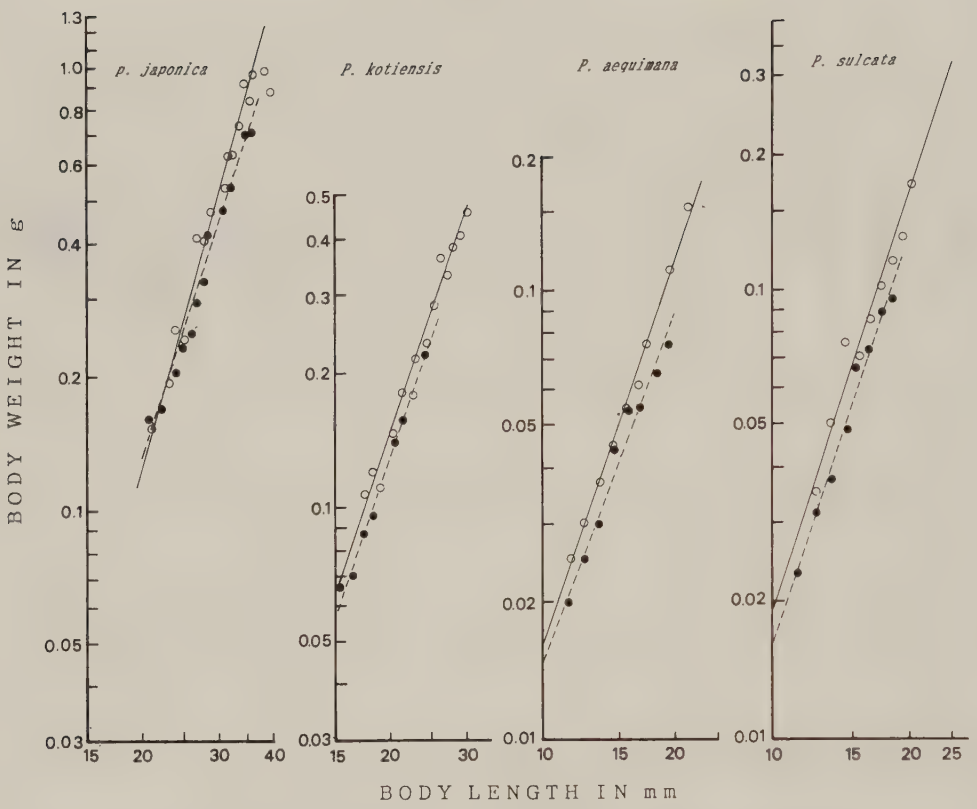


Fig. 8. ロウソクエビ類4種の体長と体重の関係　○：雌，●：雄
Relationship between body length and body weight of four species of *Processa* in Yuya Bay. ○: female, ●: male

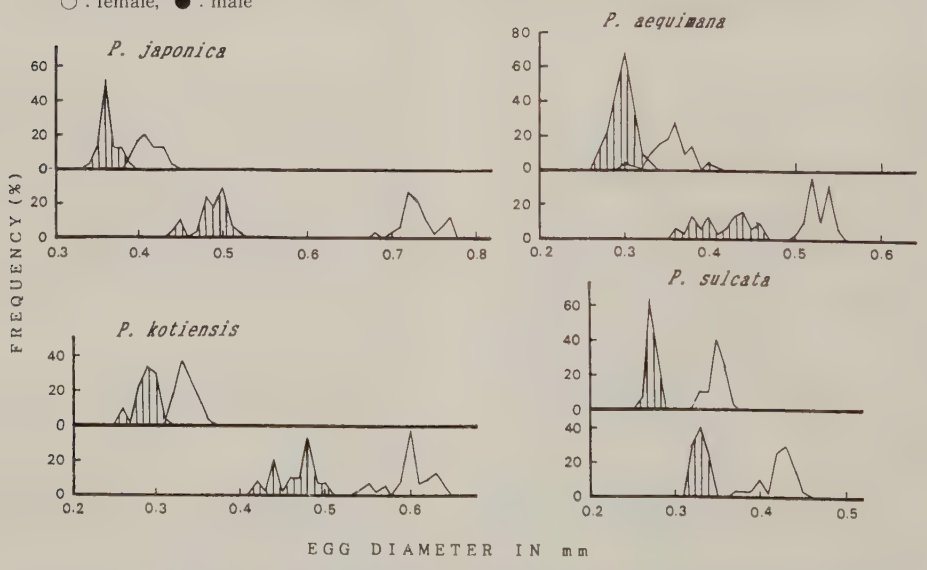


Fig. 9. ロウソクエビ類4種の抱卵初期および発眼後期の卵径組成　グラフの模様部分は短軸，白の部分は長軸を示す．
Frequency distribution of diameter in minor axis (shaded area) and major axis (unshaded area) of eggs just spawining (upper) and eyed eggs (lower) of four species of *Processa* in Yuya Bay.

ロウソクエビ：抱卵初期（以下初期卵）の短径は0.36㎜，長径は0.41㎜でかなり円形に近いが，発眼後期（以下後期卵）になると長楕円形になり，短径で約0.5㎜，長径は0.72㎜となる．

コウチロウソクエビ：初期卵の短径は0.29㎜，長径0.33㎜，後期卵はそれぞれ0.48㎜，0.6㎜で前者に次いで大きい．

ヒシオロウソクエビ：初期卵の短径は0.3㎜，長径が0.36㎜，後期卵はそれぞれ0.33㎜および0.53㎜である．

ハヤシロウソクエビ：初期卵の短径は0.27㎜，長径は0.35㎜，後期卵はそれぞれ0.33㎜，0.43㎜で，4種の中で最も小型である．

以上4種の卵径，特に後期卵のそれで比較すると，体長に相応して大きさを異にしており，発生当初から既に体の大きさに差があることを示している．

③　抱卵数

抱卵数の計数には，抱卵数の極端に少ないものや，発眼卵を有する個体は除き，可能な限り抱卵後間もないと思われる個体を選び，種類ごとにその全抱卵数を数えた．これらの体長と抱卵数の関係を **Fig. 10**に示した．ロウソクエビを除いて，抱卵体長範囲が重なる他の3種を比較すると，抱卵数は卵径の小さいハヤシロウソクエビが最も多く，次いでヒシオロウソクエビ，コウチロウソクエビの順に減少する．わずかに重なりの部分を持つコウチロウソクエビとロウソクエビについても前三者の関係と同じ傾向にある．

それぞれについて体長（BL）と抱卵数（E）の関係式を求めると以下との通りである．

ロウソクエビ　　：log E＝1.4020＋0.0501 BL
コウチロウソクエビ：log E＝0.9957＋0.0784 BL
ヒシオロウソクエビ：log E＝0.8068＋0.1035 BL
ハヤシロウソクエビ：log E＝1.0254＋0.1067 BL

上記の関係式から得た種別の体長別推定抱卵数を，Table 1 に示した．

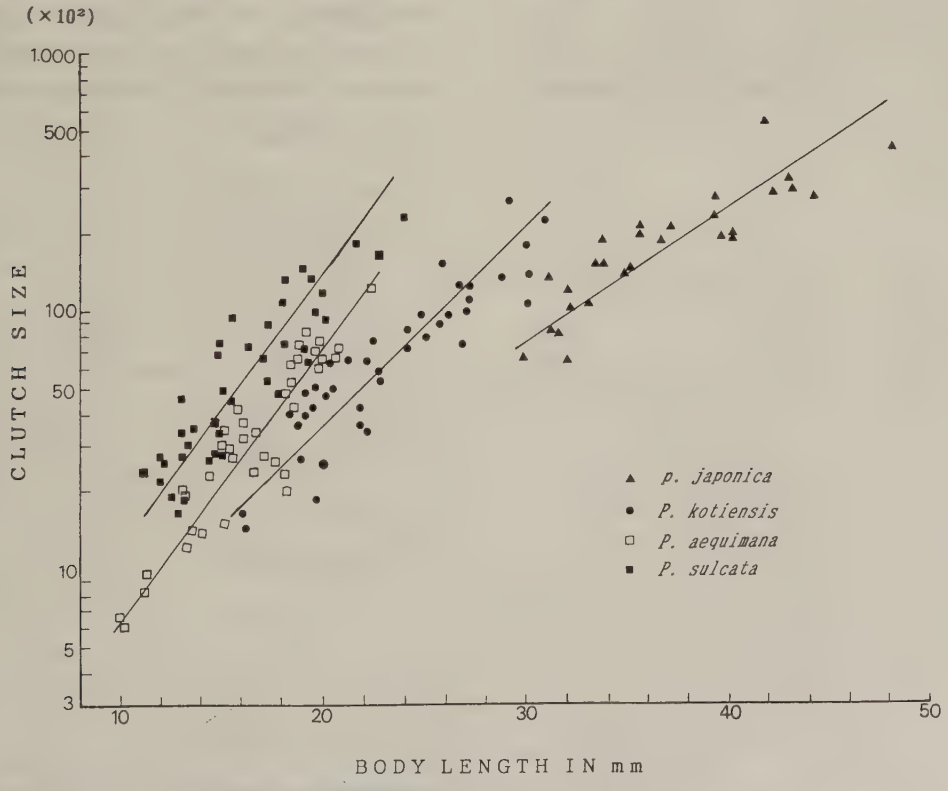


Fig. 10. ロウソクエビ類4種の体長と抱卵数の関係
Relationship between body length and clutch size of four species of *Processa* in Yuya Bay.

Table 1. ロウソクエビ類4種の推定抱卵数
Calculated clutch size of four species of *Processa* in Yuya Bay

SPECIES	BODY LENGTH							
	10㎜	15㎜	20㎜	25㎜	30㎜	35㎜	40㎜	45㎜
P. japonica						1427	2541	4523
P. kotiensis		148	367	906	802			
P. aequimana	69	228	752	2477	2236			
P. sulcata	124	423	1466	4940				

(4) 食性

頭胸甲背面から胃の内部の摂餌状態を観察し，十分食物が充たされているとみられる個体の胃を実体顕微鏡下で取り出し，内容物の種類，消化状態などを調べた．内容物は消化の進んだものや破砕されて部分しか残らないものなど判別困難なものも多いが，可能なものについては少なくとも目の段階まで同定分類し，その出現度数の百分比を **Fig. 11**に示した．

ロウソクエビ：50個体について調査したが，95%は腹足類（Gastropoda）の稚貝（不消化の多数の蓋と，しばしば頭部と水管部分が残る）で占められている．調査した標本は5月～11月に採集した体長範囲が15～42㎜の個体であったが，季節や大きさを問わず巻貝類を選択的に捕食している．

コウチロウソクエビ：30個体を調べたうちで最も出現頻度の高いものは多毛類（Polychaeta）の60%で，他に端脚類（Gammaridea）が15%，エビ類（Macrura），アミ類（Mysidacea），腹足類が各10%程度となっている．かなり広食性を示すが，生息場所が砂泥底である本種の餌料環境を反映した食物内容となっている．

ヒシオロウソクエビ：40個体の調査で，多毛類が33%，端脚類が26%で高く，他に二枚貝類（Bivalvia），介虫類（Ostracoda）が10%強となっている．食物内容が多様であることは湾内での生息域が広いことと関連しており，場所に応じて食物内容を変えていることを示唆している．

ハヤシロウソクエビ：30個体について調べた．70%が多毛類を摂餌しており，強い埋在性ベントス嗜好を示している．この傾向は1月から12月まで年間を通じて変化がなく，また調査した14㎜から22㎜のどの大き

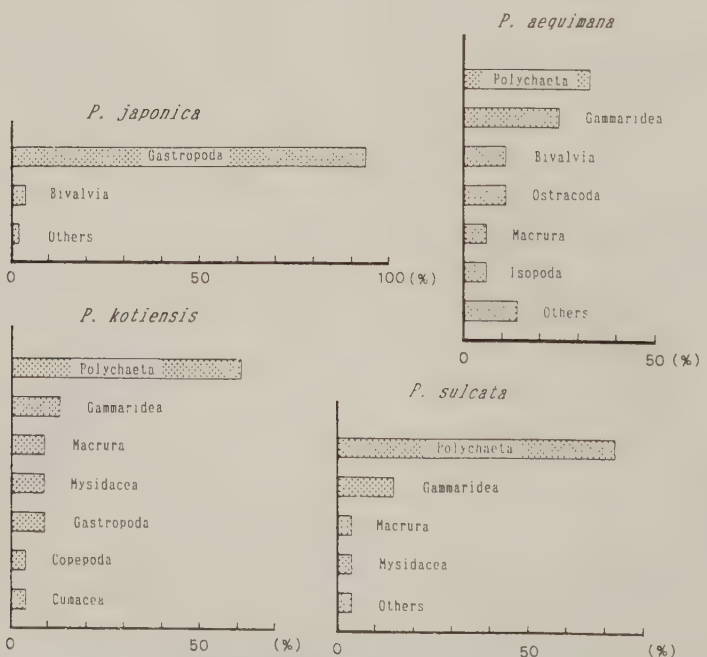


Fig. 11. ロウソクエビ類4種の胃内容物組成
Histograms of frequency distribution of stomach contents of four species of *Processa* in Yuya Bay.

さでも同様であった．本種は湾内では藻場とその周辺に分布するが，胃内容には砂粒も多く認められ，砂泥質の藻場の底を匍匐しながら埋在性生物を捕食しているものと思われる．

考　察

ロウソクエビは東アフリカからマレー群島を経て日本まで分布している[6]．日本では東京湾[7]，相模湾[8]，大阪湾[9]，小郡湾[3]，有明海[5]，富岡湾[4]などで報告されており，本州から九州全域が分布域と考えられる．これらの報告によると，ほとんど藻場で採集されている．Kikuchi[4]によれば，富岡湾では４月に湾内の藻場に出現して秋期までみられるが，11月以降は全く採集されず，冬季は湾外の深みに移動する，いわゆる季節回遊を行うとしている．油谷湾の藻場では周年採集されるが，11月以降の冬季は分布量は極端に少なくなる．また，７月から12月にかけては藻場以外の湾南岸から中央部の水域にかけて少数ではあるが底曳網で採集されている．これらのうち夏季採集のものは大型であるが，秋季のものは小型であり，採集量は夏季のものより多い．夏季の大型のものは恐らく産卵のために藻場へ向かうもの，秋季のものは越冬のために深みへ移動する，Kikuchi のいう季節回遊過程[4]の個体ではないかと考えられる．

コウチロウソクエビは山形県温海沖[10]，相模湾[11]，紀伊水道[12]，土佐湾[13]，東シナ海[14]などから報告されている．上記のように本種は一般に沿岸よりもやや沖合に分布中心があると思われるが，いずれも採集記録があるだけで生態に関する記述はない．油谷湾では前述のようにほぼ周年採集されるが，分布量は６，７月の夏季に多く，また分布域の中心は最も湾口寄りの南岸から中央部にある。このことから見て本種は夏季に沿岸域に来遊し（その多くは抱卵個体である），冬季には沖合の深みに移動する季節回遊型の種類と思われるが，その全体像解明のためには沖合での分布，移動調査が必要である．

ヒシオロウソクエビの分布範囲は広く，モザンビーク[15]，紅海[16]，ジャワ[17]などのリーフやアマモ場から知られている．日本ではあまり報告がなく，今までに瀬戸内海の向島や油谷湾の報告程度であるが，これは恐らく各地での調査が不十分なためと思われる．本種は沿岸性の種類で，油谷湾では一生を湾内で完結する．湾内の分布範囲からみて，アマモ場またはその周辺に圧倒的に多いが，アマモ場だけに依存しているわけではなく，時にはガラモまたはその他の海草の周辺の砂泥底にも生息しており，湾内での生息範囲はかなり広い．

ハヤシロウソクエビは南ベトナム[6]，ジャワ[17]，アフリカ沿岸[16]から報告されている．日本では青森湾，瀬戸内海明石沖，福岡県相島近海，山口県下関沖，富岡湾からの報告[6]があり，分布域は北海道以南の日本全国の沿岸に拡がる．富岡湾ではアマモ場に普通にみられるが，多くの場合類似のモバロウソクエビと同時に採集される．ただ，モバロウソクエビはアマモ場以外の場所からは採集されないが，本種は刺し網にかかる海草や無脊椎動物にからまったり，ドレッジによって採集される．油谷湾では大部分がアマモ場から採集されているが，アマモ場以外でも採集されている．青森湾が本種の採集北限であるが，ここではガラモ場とアマモ場で採集されている．これらを総合してみると，本種はヒシオロウソクエビと同じくアマモ場での分布密度は高いが，内湾から湾外にかけても分布範囲を拡げており，生息範囲はヒシオロウソクエビよりも広いと思われる．

以上のような油谷湾での生活を基準にした４種の，湾との関わり方からみて，ヒシオロウソクエビは強内湾性，ロウソクエビ，ハヤシロウソクエビは準内湾性，コウチロウソクエビは準外洋性と考えられる．

ロウソクエビの成長について前川[3]は短期世代が８月に出現し，その平均体長は15㎜，11月には19㎜で，８～10月が産卵期としている．また長期世代は11月に15㎜，翌年６月に雌21㎜，雄17㎜，７月には雌26㎜，雄19㎜で６～８月が産卵期としている．一方，池末[5]は９月に採集された４尾について，その平均体長は15.2㎜で，このうちの２尾は抱卵雌であったと報告している．これらの二例は産卵時期が重なるものの筆者らの場合と比較してサイズがはるかに小さい．すなわち，筆者らの産卵期のサイズは30㎜から49㎜の範囲にあり，しかも前川のいう短期世代は油谷湾ではみられない．Kikuchi によれば[4]，富岡湾の藻場に本種が

現われるのが4月で，抱卵期は5月から9月まで続く．そして9月に分布量が最大となり，同時に世代が一斉に交代するとしている．富岡湾の体長などは不明であるが，抱卵期は油谷湾と同じで，世代の交代期は油谷湾が8～9月であるから，これもほぼ同時期である．林[6]の記載では抱卵雌35～43㎜，雄30㎜で，油谷湾のサイズに近い．これらの例からみて，前川，池末の場合は別種のロウソクエビ類と混同している可能性が高い．

内湾を産卵場とし，産卵が主に夏から秋にかけて行われるコエビ類のほとんどは長期，短期の二世代を形成するが，油谷湾のロウソクエビ4種のうち，ロウソクエビだけが一世代性である．その理由は不明であるが，内湾と湾外を移動し季節回遊をする生態と関わりがあるかも知れない．ヒシオロウソクエビとハヤシロウソクエビは共に長・短二世代を有するが，前者の抱卵期が両世代合わせて6カ月と比較的短いのに対し，後者のそれは冬ら秋まで10カ月に及ぶ．ハヤシロウソクエビの抱卵期がこのように長く，また抱卵数も多いのは，本種の住み場が湾内に限らず湾外の浅海域にまで及ぶことからくる広範囲な生活環境に適応したものとも考えられる．コウチロウソクエビは前述したように主分布域は外洋にあるが，外洋での生態は明らかではない．外洋性コエビ族の産卵生態について伊東[18]はホッコクアカエビで，通山・堀川[19]はオキノアカスジエビ，上田・湯浅・中村[20]はミノエビ，アカモンミノエビで，また通山・堀川[21]はイズミエビでそれぞれ報告している．これらはいずれもタラバエビ科に属し，抱卵期がほぼ周年にわたる種類である．一般に抱卵期と孵出期とは必しも同じ時期とは限らず，したがってそれぞれの盛期がかなりずれていることもしばしば見受けられる。前述の外洋性コエビ類では抱卵から孵出まで数カ月を要し，いずれも年1回の孵出盛期を有している．コウチロウソクエビもほぼ周年抱卵個体がみられるが，1月にはまだ発眼卵が認められず，3月以降に現われる．発眼卵を持つ個体の最初のピークは5月に，2回目は8月にあり，それぞれこの時期が孵出盛期と考えられる．本種は秋季に第2の抱卵盛期が認められるが，この時期の発眼率は低く，抱卵状態のまま死滅する個体も相当数あるものと思われる．長期間の抱卵期を持つハヤシロウソクエビも2月のものはまだ発眼卵を持つ個体はみられないが，4～5月に第1の，8月に第2の発眼のピークがあり，コウチロウソクエビと同様に短期世代の秋季のグループの発眼率が低い．これに対し，同じく2世代を有するヒシオロウソクエビの発眼期のピークは長期世代が7～8月，短期世代が10月である．

コエビ類の抱卵から孵化までの時間は水温によって異なる．竹田[22]によれば，アシナガモエビの抱卵期間は水温10℃以下（最低6℃）では40～51日，19～21℃で10～12日，ヤマトモエビ（文献ではモエビ科の一種と記述されている）では10℃以下で60～68日であるが，20～24℃で12～20日であることを飼育実験で明らかにした．油谷湾の2～3月の表面水温は10℃前後，5～6月で16～22℃である．このことからみて，コウチロウソクエビ，ハヤシロウソクエビは共に晩秋から冬季間の長い抱卵期を経て，水温15℃を越える時期から本格的に孵出を始めるものと思われる．

先に種別の抱卵数を検討したが，同一体長で比較した抱卵数はハヤシロウソクエビが最も多く，ヒシオロウソクエビ，コウチロウソクエビ，ロウソクエビの順に減少する．逆に卵径はこの順に小卵から大卵へと変化している．即ち，小卵多産，大卵少産の傾向が認められる．

生息水域を同じくする近縁種間では分布密度の調節や，餌の食い分け，生息空間を微妙に分けるなどして，競合や相互干渉を避け合っている．ロウソクエビ類4種の内湾における相互の関係についてみると次のようになる．ロウソクエビは初夏にアマモ場に来遊して産卵し，そこで寿命を終えて次世代に引き継がれるが，新世代のほとんどは湾外に出て翌年の来遊期まで湾内にはいない．また，その食性は巻貝に限られていることからみて，他の3種との競合はほとんど起こらないものと思われる．コウチロウソクエビはアマモ場には住まず，主な分布域は湾口付近にあって他の3種とは住み場の重なりが最も少ない．ヒシオロウソクエビとハヤシロウソクエビはアマモ場では周年共存しており，1回の曳網でも同時採集されることが多い．生活空間における両種の細部の関係はわからないが，現象的には同一空間に生息しているようにみえる．ロウソクエビ類はアマモなどで葉上生活をするのではなく，砂泥底を匍匐しながら摂餌活動を行っており，そうした面でも両者は近似している．しかし，両種の胃内容物組成は先に述べたようにかなり異なっている。ハヤ

シロウソクエビはその大半を多毛類に依存し，摂取している餌生物の種類はあまり多くない．これに対してヒシオロウソクエビは多毛類への依存度はハヤシロウソクエビよりは低く，ヨコエビ類，二枚貝類をはじ餌料選択の範囲が広いのが特徴である．したがって両種は共に藻場を生活圏としながら，主な食物対象を違える“食い分け”によって競合を緩和していると考えられる．

種による餌の相違は口器の違いにも現われている．大顎についてみると，ヒシオロウソクエビのそれは強大な臼歯状部からなり，強い咀嚼能力を持っていることを示しており，餌の種類の多様性をうかがわせる．

一方，ハヤシロウソクエビの大顎はヒシオロウソクエビよりもはるかに細く，大顎の縁辺部は前者のものより尖っていて咬合部分に小歯が列生し，多毛類などを確実に挟むのに都合のよい構造のように思われる（**Fig. 12**）．なお，ロウソクエビ及びコウチロウソクエビもハヤシロウソクエビ形の大顎で，特にロウソクエビのそれは最も小さい．ロウソクエビの胃内容物の大部分は巻き貝類であり，蓋の部分を残してほとんど消化されている．これは丸のみの状態で餌を摂り込んでいるか又は身を取り出して食べるかの何れかで，大顎はあまり動かない貝を挟んで胃に送り込む程度の役割を持っているものと推察される．コウチロウソクエビの大顎もハヤシロウソクエビと同様に，柔らかい多毛類などを挟んでそのまま胃に送り込むタイプのものである．

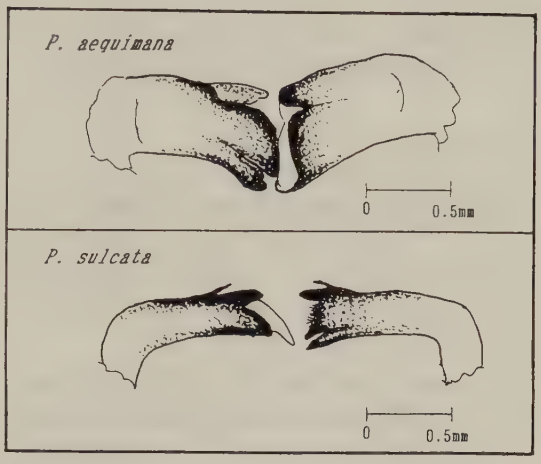


Fig. 12. ヒシオロウソクエビとハヤシロウソクエビの大顎の模式図
Mandible of *P. aequimana* and *P. sulcata*.

要　約

油谷湾に生息するロウソクエビ類４種の分布，成長，産卵，食性等について検討した．

1．ロウソクエビ，ヒシオロウソクエビ，ハヤシロウソクエビの３種は湾奥のアマモ場を中心に分布し，コウチロウソクエビは藻場以外の湾口付近の砂泥底に分布中心がある．ヒシオロウソクエビは湾内定住種で，他の３種は湾外の周辺海域とも関わりを持つ種である．

2．４種のうちロウソクエビは一世代性で，他の３種は長期，短期の二世代を形成する．世代の出現期間は種によって若干異なるが，おおよそ長期世代が12～15カ月，短期世代は3～6カ月である．

3．ロウソクエビは８月に9㎜の幼エビが出現し，翌年８月頃まで生存するものとみられる．最大体長は雄37㎜，雌49㎜である．

コウチロウソクエビは雌雄共５月に14～15㎜で出現して短期世代を形成し，6～7カ月の期間出現する．長期世代は７月に現われ，雌は翌年の８月（出現期間15カ月），雄は６月（出現期間11カ月）まで生存するとみられる．最大体長は雌32㎜，雄24㎜．

ヒシオロウソクエビの短期世代は雌雄共８月に現われ，出現後３カ月で消滅する．長期世代は10月に出現し，翌年8～9月まで生存が認められる．出現期間は約12カ月，最大体長は雌24㎜，雄19㎜である．

ハヤシロウソクエビは雌雄共６月に短期世代の最小体長のものが現われ，10月まで４カ月程度生存して死滅する．長期世代は９月に出現し始め，雌は翌年８月雄は６月まで生存個体がみられた．最大体長は雌24㎜，雄19㎜であった．

4．抱卵期間はコウチロウソクエビがほぼ周年（最小抱卵体長15㎜），ハヤシロウソクエビ10カ月（10㎜），ロウソクエビ６カ月（29㎜），ヒシオロウソクエビ６カ月（9㎜）である．

5．４種の抱卵数はロウソクエビの体長30～45㎜の範囲で800～4,500，コウチロウソクエビ15～30㎜では150～2,200，ヒシオロウソクエビ10～25㎜で70～

2,500，ハヤシロウソクエビ10～25㎜で120～5,000となり，同一体長で比較すると，ハヤシロウソクエビが最も多く，次いでヒシオロウソクエビ，コウチロウソクエビ，ロウソクエビの順に減少する．卵径はこの逆にハヤシロウソクエビが小さく，ロウソクエビが最大である．

6．食性はロウソクエビが腹足類を多食し，極めて偏食性である．コウチロウソクエビ，ハヤシロウソクエビは多毛類を多食，ヒシオロウソクエビは多毛類，ヨコエビ類を中心に食物の選択範囲が他種よりも広い．

7．コウチロウソクエビは他の3種と分布域があまり重ならず，種間の競合はほとんど起こらない．ロウソクエビは大型種で分布密度は薄く，餌も他種と異なっているため競合はない．ヒシオロウソクエビとハヤシロウソクエビは藻場では同時に分布するが，主な餌料対象を違える“食い分け”によって共存関係を維持している．

文 献

1) 小嶋喜久雄・花淵靖子 1981：油谷湾におけるエビ・カニ類の生態学的研究—1．出現種および種組成の季節的変化．西水研研報，(56)，39–54.

2) 林 健一 1991：日本産エビ類の分類と生態(59)．海洋と生物，78，267–271.

3) 前川兼佑 1961：瀬戸内海，特に山口沿岸における漁業の調整管理と資源培養に関する研究，—内海に出現するエビ類．山口県内海水試調査研究業績，11 (1)，170–204.

4) T. Kikuchi 1962：An ecological study on animal community of Zostera belt, in Tomioka Bay, Amakusa, Kyushu (11), Community composition (2), Decapod crustaceans. Rec. Oceanogr. Wks. Jap., Spl. (16), 135–145.

5) 池末 弥 1963：有明海におけるエビ・アミ類の生活史に関する研究．西水研研報，30，1–124.

6) K. Hayashi 1975：The Indo-West Pacific Processidae, J. Shimonoseki Univ. Fish., 24, 47–145.

7) A. Ortmann 1890：Die Decapoden-Krebse des Strassburger Museums, mit besonderer Berück-sichtigung der von Herrn Dr. Döderlein bie Japan und bie den Lui-Kiu-Inseln gessammelten und z. Z. im Strassburger Museum aufbewahrten Formen. I. Die Unterordnung Natantia Boaz. Zool Jb. Syst., 5, 437–542, pls. 36, 37.

8) B. Parisi 1919：I Decapodi giaponesi del Museo di Milano. Ⅶ. Natantia. Atti Soc. Ital. Sci. Nat., 58, 59–99, pls. 3–6.

9) D. Miyadi 1940：Marine benthic communities of the Osakawan. J. Oceanogr., 12 (2), 1–15.

10) S. Miyake, K. Sakai, and S. Nishikawa 1962：Fauna-list of the decapod Crustacea from the coasts washed by the Tsushima warm current. Rec. Oceanogr. Wks. Jap., spl. (6), 121–131.

11) H. Balss 1914：Ostasiatische Decapoden Ⅱ. Die Natantia und Reptantia. In：Doflein, F., Beiträge zur naturgeschichte Ostasiens. Abh. Bayer Akad Wiss. suppl. 2 (10), 1–101, pl. 1.

12) 阪本俊雄・林 健一 1977：紀伊水道における小型底曳網漁業のエビ類．日水誌，43，1259–1268.

13) Y. Yokoya 1933：On the distribution of decapod crustaceans inhabiting the continental shelf around Japan, chiefly based upon the materials collected by s.s. Soyo-Maru, during the year 1923–1930. Jour. Coll. Agric. Tokyo Univ., 12, 1–226.

14) T. Fujino and S. Miyake 1970：Caridean and stenopodidean shrimps from the East China and the Yellow Seas (Crustacean, Decapoda, Natantia). J. Fac. Agr. Kyusyu Univ., 16, 237–312.

15) K. H. Barnard 1955：Additions to the fauna-list of South African Crustacea and

Pycnogonidea. Ann. S. Arf. Mus., 43. 1–107.

16) R. Gurney 1937：Notes on some decapod Crustacea from the Red Sea. 1. The genus *Processa*. Proc. Zool. Soc. Lond., 1937, 85–101, pls. 1–6.

17) J. G. De Man 1920：The Decapoda of the Siboga Expedition, part Ⅳ. Families Pasiphaeidae, Stylodactylidae, Hoplophoridae, Nematocarcinidae, Thalassocaridae, Pandalidae, Psalidopodidae, Gnathophyllidae, Processidae. Glyphocrangonidae, and Crangonidae. Siboga Exped. Monogr., 39a^3, 1–318, pls. 1–25.

18) 伊東　弘　1976：日本海産ホッコクアカエビに関する2・3の知見．日水研報，(27)，75–89.

19) 通山正弘・堀川博史　1990：土佐湾産オキノアカスジエビの分布と生態．漁業資源研究会議西日本底魚部会報．18，69–78.

20) 上田幸男・湯浅明彦・中村和夫　1987：紀伊水道外海産ミノエビ *Heterocarpus sibogae* De Man とアカモンミノエビ *Heterocarpus* sp. の産卵と成長．南西外海の資源・海洋研究，3，1–8.

21) 通山正弘・堀川博史　1990：土佐湾産イズミエビの分布と生態．漁業資源研究会議西日本底魚部会報．18，79–86.

22) 竹田文弥　1972：コエビ群エビ類の産卵に関する研究，飼育による産卵期と産卵回数について．昭和45年度兵庫県立水産試験場事業報告，17–21.

西水研研報 第71号 平成5年12月
Bull. Seikai Natl. Fish. Res. Inst., No. 71, December 1993

東シナ海・黄海に分布するサワラの年齢と成長

濱崎清一*

Age and Growth of Japanese Spanish Mackerel in the East China Sea and Yellow Sea

Seiichi HAMASAKI

ABSTRACT

Age and growth of the Japanese Spanish mackerel *Scomberomorus niphonius* were examined based on the analysis of otoliths from 3319 fish caught in the East China Sea and in the Yellow Sea during the period of 1980 to 1989. Prior to the analysis the otoliths were burned to facilitate reading its rings. As a total 2249 otoliths were examined, excluding those with unclear rings. On each otolith the radii were measured from the nucleus to the outer edge of the opaque zones. The rate of marginal increment of the otolith was observed to be minimum during June and July. Since the opaque edge is considered to be formed during this period, it was assumed as annual ring. Judging from the seasonal change of the gonad index, spawning peak was considered to be in June. Age and specific mean fork length of males and females were plotted on the Walford graph. The linear relationship was seen in both sexes and the following von Bertalanffy growth equations were established.

Female ; $L_t = 1021.91\ (1 - e^{-0.26(t+0.70)})$

Male ; $L_t = 735.62\ (1 - e^{-0.42(t+0.60)})$

Female+Male ; $L_t = 861.23\ (1 - e^{-0.33(t+0.66)})$

where t and L_t indicate age and the theoretical fork length at t years old, respectively.

Differences in the growth between sexes was not clear for fishes at one-year old. The difference became apparent for fishes older than two-years-old. The female grew up faster than the male did. Sex ratio (female : male) was 1 : 1 for one-year-old fishes and younger group, but the ratio changed with the increase of age due to the higher mortality of the males.

平成5年12月24日受理 (Received December 24, 1993)
西海区水産研究所業績第492号 (Contribution from Seikai National Fisheries Research Institute, No. 492)
*西海区水産研究所下関支所 〒750 下関市東大和町2-5-20 (Seikai National Fisheries Research Institute, Shimonoseki Branch, Higashi-yamato-machi, Shimonoseki 750, Japan)

はじめに

サワラ *Scomberomorus niphonius* (Cuvier) は，日本沿岸の北海道南部以南と東シナ海，黄海・渤海及び台湾近海に分布する．東シナ海には本種以外にヒラサワラ *S. koreanus*，ウシサワラ *S. sinensis*，ヨコシマサワラ *S. commerson*，タイワンサワラ *S. guttatus* の4種が生息している．東シナ海・黄海のサワラは水温が最も低下する冬季（1～3月）には，済州島周辺から五島列島西沖及び東シナ海中部・西部海域にかけて広く分布し，春季（4～6月）には，産卵のため中国沿岸，朝鮮半島及び九州西岸寄りに移動し，そして，秋季から冬季にかけて，再び沖合いに移動し，そこで越冬するとみられる．

東シナ海・黄海のサワラは我が国では，主に以西底びき網漁業によって古くから漁獲されていた．一方，大中型まき網漁業では，かつては少数の漁船が漁獲対象とするに止まっていたが，1979年頃から本格的な操業を行うようになり，現在では西日本地区の大中型まき網漁業の冬季における重要漁獲対象魚種の一つとなっている．

このようにサワラは重要魚種であるにもかかわらず，その生物学的特性や系統群の構造は明らかではない．東シナ海中西部及び韓国南西岸には現在のところ明確な系群は明らかにされていないため，本報では得られた標本を同一に取り扱い，耳石に形成される輪紋を基に年齢と成長について解析したほか，成熟と産卵及び性比についても，若干の考察を加えた．

本報告の取りまとめにあたり，大中型まき網船による漁獲情報資料を提供していただいた日本遠洋旋網漁業協同組合所属の漁業会社に対し，心から感謝を申し上げる．また，西海区水産研究所下関支所の花渕信夫元支所長と竹下貢二前支所長（現在，水産大学校教授）には研究過程で終始有益な助言をいただき，また，藤田 矗支所長と小嶋喜久雄底魚研究室長及び南西海区水産研究所の林 小八資源管理部長と永井達樹内海浮魚資源研究室長には御校閲と懇切なる御教示をたまわった．記して厚くお礼申し上げる．

材料と方法

調査海域，標本及び耳石の採取

本研究に用いた標本は，1980年から1989年までの10カ年間に西日本の主要漁港における水揚げ魚及び韓国から山口県下関港に輸入された魚の一部である．標本魚の総数は3,319個体となった．標本魚の漁獲位置を図1に示した．

サワラの年齢査定に関わる既往の報告[6,7,8,10]では，鱗及び耳石が用いられている．しかし，本種の鱗は極めて脱落しやすく，同一部位の採鱗が困難であるため，今回は耳石を用いた．標本魚の尾叉長，体重，生殖腺を測定した後，耳石を採取した．破損や変形した耳石を除き，更に輪紋形成が比較的明瞭な雌1,331個体，雄918個体，総計2,249個体を年齢査定に供した．

耳石の形状と前処理

魚体から摘出した耳石はよく水洗し，付着物を除去してチモールを小量加えたグリセリン液に入れて保存した．

サワラの耳石は前方部が長短2つに分岐し楔状に突起した矢じり形をしている．耳石全体は体側に向かって弓状に湾曲している．また，同一個体の左右の耳石はほぼ相似形で，その大きさには殆ど差がない．耳石の前方部と後方部のほぼ中間に核があり，透明帯と不透明帯とが交互に配列した構造となっている．大型魚の耳石は，輪紋間隔が縁辺に行くほど密で，その現われ方が複雑であるため，輪紋の読み取りが困難な場合が多い．

耳石の加熱処理

耳石上の輪紋の読み取りを容易にするため，次のような方法で耳石を加熱処理した．保存していた耳石のグリセリンをよく水洗いした後水分を除去し，予熱していたオーブンレンジ（東芝 ER-800センサーオーブンレンジ）に耳石の凹面を上にして入れ，庫内温度250℃で20分加熱した．

耳石の測定

耳石の測定部位は図2に示したように，中心部の核を原点として後部の縁辺に達する部分を測定軸と定め，不透明帯の縁辺部を輪の標示と規定した．耳石径

図1　標本採集地点
●：日本漁業
●：韓国漁業

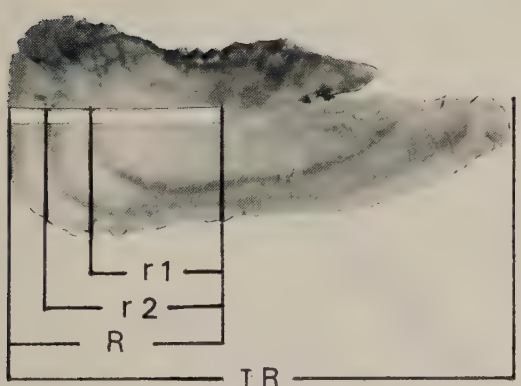


図2　耳石の測定部位
r1，r2：輪径，R：耳石径，TR：耳石全長

及び輪径は万能投影器で20倍に拡大して0.01㎜単位で計測した．測定には原則として左側の耳石を用いたが，変形や破損などによって使用できない場合は右側の耳石を用いた．なお，輪径計測結果の解析に当っては雌雄別に取り扱った．

耳石径と尾叉長の関係については，尾叉長10㎜階級毎にそれぞれ10個体の耳石を，雌555個体，雄372個体抽出して検討に供した．ただし，小型魚と大型魚の部分は標本数が限られるため，10個体未満の場合もあった．

成長式と体長－体重関係式

年齢別の計算尾叉長を Walford の定差図にのせ，サワラの成長が von Bertalanffy の成長式，

$$L_t = L_\infty\ (1 - e^{K(t-to)})$$

に適合するかどうかを検討した．ただし，L_t は t 歳時の尾叉長，L_∞，K，to はそれぞれ極限体長，成長係数，体長が 0 の時の理論的な年齢である．これらのパラメタは繰り返し計算から最適値を求めた．

また，雌570個体，雄391個体を用いて，体長―体重関係式を求めた．

性成熟及び性比

成熟度指数（GI）を，

$$GI = 生殖腺重量 \times 10^8 / 尾叉長^3$$

と定義し，その経月変化を調べたほか，サバ類の卵・稚仔分布調査[1~4]の知見から，発生日を検討した．性比について，雌雄合計2,249個体の試料を用いて年齢別に雌雄の個体数を求め，各年齢ごとに全個体数に対する雌の個体数の割合を性比とした．

結　　果

1　耳石の加熱処理と縮小率

加熱処理した耳石は図版 1 にみられるように，透明帯は焦げ茶色に不透明帯は茶色に変化する．このように処理した耳石は，図版 2 に示したように未処理の耳石に比べ，輪紋がかなり明瞭になる．

このような加熱処理によって耳石の大きさが変化することが考えられる．そこで耳石全長8.0～17.0㎜の標本84個体を用いて，縮小率を検討した．

耳石全長を加熱する前に計測し，次に加熱後，室温で自然に冷却して再度測定した．

縮小率を，

$$SR = (TR1 - TR2) \times 100 / TR1$$

ただし，SR：縮小率，TR1：加熱前の耳石全長，TR2：加熱後の耳石全長と定義し，その程度を検討した．

この結果，縮小率は，0～2.1%の範囲に分布し，平均縮小率は0.7%程度であった．縮小率がごくわずか

であることから，加熱による耳石径及び輪径の縮小は無視してもよいと考えた．

2 耳石径と尾叉長の関係

耳石径と尾叉長の関係を雌雄別に図3に示した．それによると，雌雄両者の関係は共に暖やかな曲線を描き，二次回帰式を適用できた．それぞれの関係式を次に示した．

雌 $L=6.3877R^2+69.6911R+33.3277$……(1)

雄 $L=-2.8713R^2+141.9046R-105.1008$……(2)

ただし，L：尾叉長，R：耳石径

3 輪紋の形成期

耳石の輪紋形成時期に規則性があるかどうかについて検討するため，比較的標本数が多く，高齢魚に比べて輪紋が明瞭である1，2輪群の標本1,418個体を用いて，個体別の縁辺成長率を次式

$MI=(R-r_n)/(r_n-r_{n-1})$

ただし，MI：縁辺成長率，R：耳石径，r_n：n番目の輪径で定義し，輪群別月別平均値と標準偏差を求め，MI値の季節変化を図4に示した．それによると，3，4月頃にMI値が大きく，5月から7月頃には小さくなり輪紋が形成されて間もないことを示している．8月以降になると，MIの平均値が月を追って増大する．このようなMIの平均値の季節変化から輪紋は年1回形成され，その時期は5月から7月頃で，盛期は6，7月頃と推定できる．このことから耳石の輪紋は年齢を示すと考えられる．

4 成長式

雌雄別に輪紋形成時における平均輪径を求め表1に示した．これに基づいて，雌雄別の平均輪径を比較すると，各輪群とも雌は雄より平均輪径が大きい．これらの平均輪径を(1)，(2)式に代入して，輪群ごとの計算尾叉長を得た（表1）．

上記の計算尾叉長をWalfordの定差図にのせると，雌雄とも各点はそれぞれ一つの直線上に並ぶ（図5）．従って，サワラの成長はvon Bertalanffyの成長式に適合する．

成長式のパラメタは$L\infty$に雌1021.91，雄735.62，kに雌0.26，雄0.42，toに雌−0.70，雄−0.60がそれぞれ得られ，成長式を下記に示した．

雌 $L_t=1021.91\ (1-e^{-0.26(t+0.70)})$ ……(3)

雄 $L_t=735.62\ (1-e^{-0.42(t+0.60)})$ ……(4)

雌雄こみ $L_t=861.23\ (1-e^{-0.33(t+0.66)})$ ……(5)

ただし，L_t：t歳時の尾叉長，t：年齢

また，尾叉長と体重の関係は，

雌 $W=1.1533\cdot10^{-5}\ L^{2.9315}$……(6)

雄 $W=1.1714\cdot10^{-5}\ L^{2.9327}$……(7)

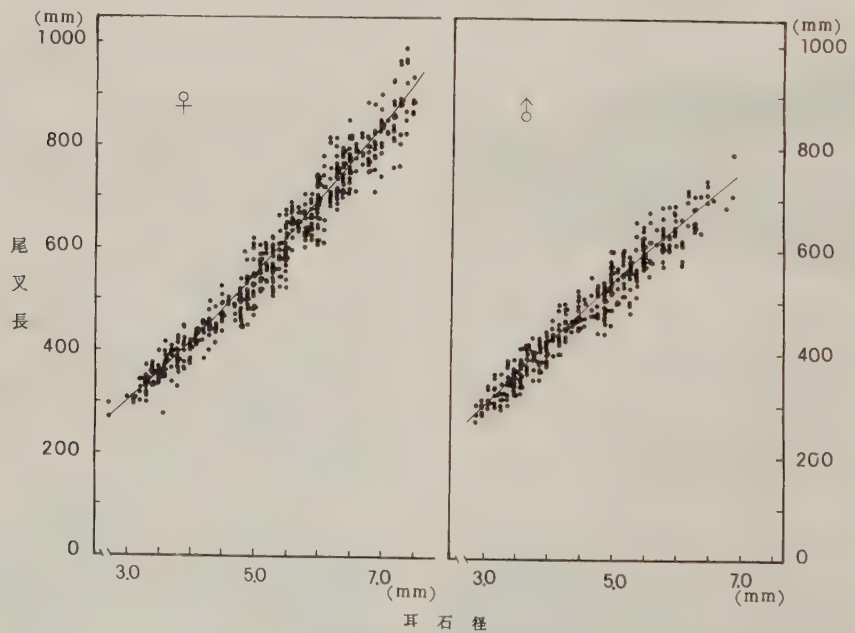


図3 耳石径と尾叉長関係

表1　輪群別平均輪径と計算尾叉長

輪群	雌							雄					
	標本数	$\bar{r}_1$	$\bar{r}_2$	$\bar{r}_3$	$\bar{r}_4$	$\bar{r}_5$	$\bar{r}_6$	標本数	$\bar{r}_1$	$\bar{r}_2$	$\bar{r}_3$	$\bar{r}_4$	$\bar{r}_5$
1	551	3.61						468	3.50				
2	252	3.62	4.80					138	3.57	4.60			
3	136	3.61	4.83	5.71				36	3.57	4.58	5.36		
4	33	3.60	4.78	5.64	6.34			9	3.47	4.52	5.37	5.87	
5	20	3.63	4.77	5.60	6.21	6.73		6	3.52	4.42	5.28	5.80	6.20
6	4	3.65	4.80	5.75	6.45	6.70	7.08						
平均(mm)		3.61	4.81	5.69	6.30	6.72	7.08		3.51	4.59	5.35	5.84	6.20
計算尾叉長(mm)		368.16	516.33	636.68	725.91	790.11	846.93		357.61	485.75	571.90	625.69	664.33

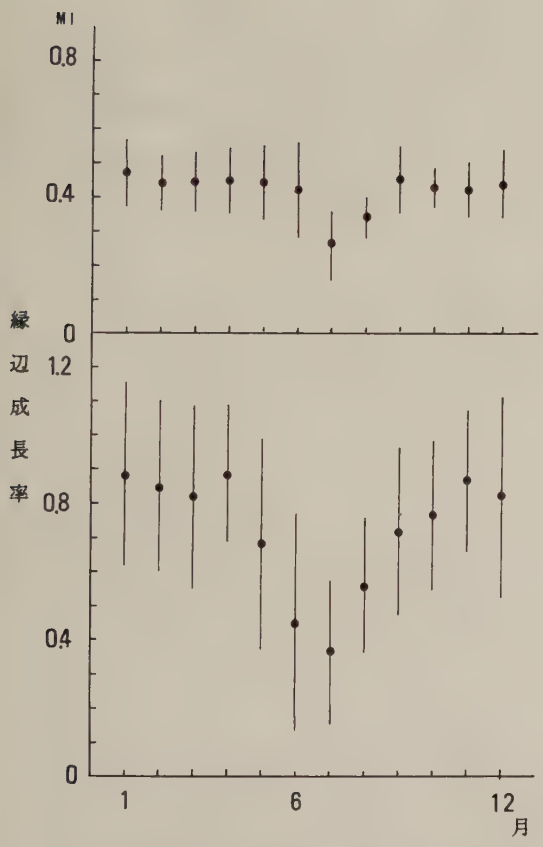


図4　縁辺成長率の月別平均値と標準偏差
上段：r 1，下段：r 2
●：平均値，｜：標準偏差

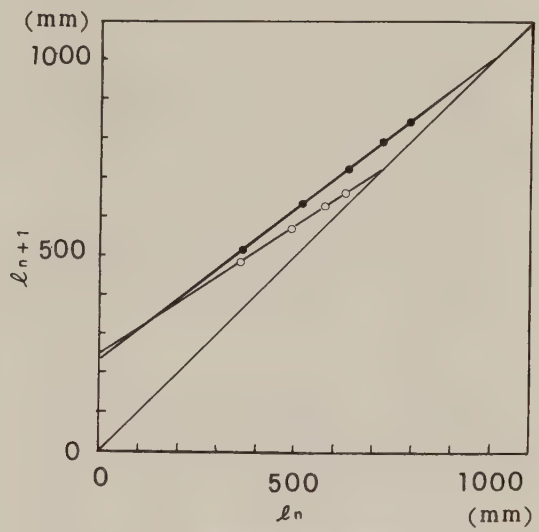


図5　輪形成時尾叉長の定差図
●：雌，○：雄

雌雄こみ　$W=1.2283\cdot10^{-5}\ L^{2.9230}$……(8)

ただし，W：体重（g），L（㎜）：尾叉長で示される．

(3)，(4)の成長式から求めた満年齢時尾叉長と，(6)，(7)により計算される満年齢時の体重は表2の通りである．また，尾叉長と体重の成長曲線を図6，7に示した．

表2　各年齢時の尾叉長と体重

年　齢	雌		雄	
	尾叉長(㎜)	体　重(g)	尾叉長(㎜)	体　重(g)
1	365	374	360	368
2	515	1,027	489	903
3	631	1,863	573	1,437
4	721	2,754	629	1,889
5	790	3,600	666	2,234
6	843	4,355		

雌雄間の成長を比較すると，1歳では雌雄の大きさには差はないが，2歳以上になると，雌雄差は大きくなり，高齢になるほど雌が大きい．

5　性成熟

雌の最小成熟体長は後述するように尾叉長490㎜台とみられるので，500㎜以上の標本についてGI値の月別平均値を求め，その経月変化を図8に示した．GI値は4月頃から急速に高まり，6月には最大となった後，7月には低下している．

肉眼観察では7月の卵巣は萎縮した状態で，放卵後とみられるものが過半数を占めていることから，産卵盛期は5，6月頃と判断された．

一方，1984年から1987年までの4カ年間，東シナ海から日本海西部海域において実施されたサバ類卵・稚仔分布調査[1~4]では，サワラの卵が4月から6月にかけて採集されている．以上のことから本種の産卵期は4月から7月頃までと考えられるので産卵期の中間に当たる6月15日を発生日と仮定した．

次に，雌雄の成熟サイズ及び性比について検討した．まず，産卵初期に当る4月の生殖腺の肉眼観察によると尾叉長368㎜（GI値．19）の雄では精巣が白く，全体が硬くなり成熟が始まっていた．また，486㎜（GI値．15）の雌は卵巣が大きく，卵粒が明瞭に認められることから，生物学的最小形は尾叉長370㎜，雌

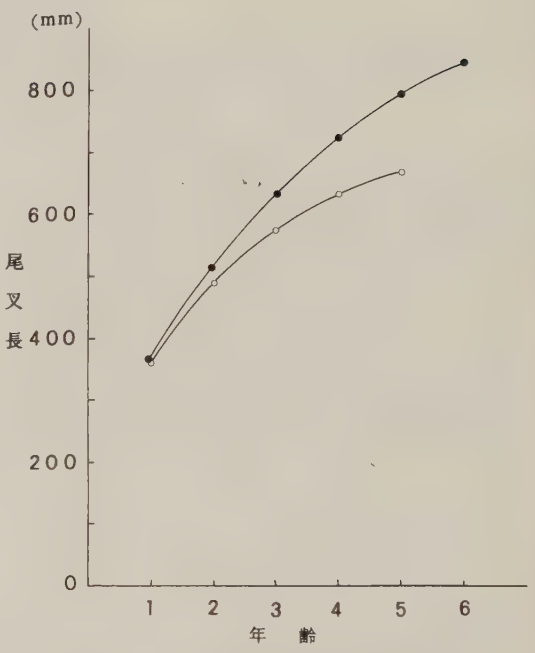


図6　東シナ海・黄海のサワラの成長曲線
●：雌，○：雄

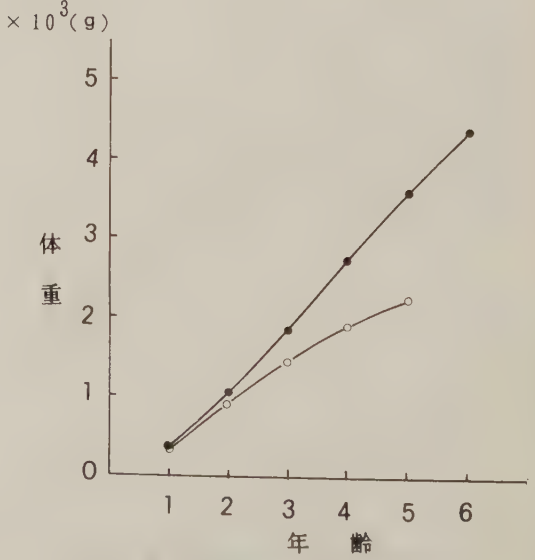


図7　東シナ海・黄海のサワラの増重曲線
●：雌，○：雄

で490㎜前後と推定した．一方，大部分が成熟に達するのは雄で450㎜，雌540㎜前後とみられる（図9）．この尾叉長を前記の成長式で年齢に換算すると，雌雄共に1歳魚では一部が成熟に達し，2歳魚では大部分が成熟するとみられる．

6　性比

各年齢において雌の占める割合は表3に示すように，0歳魚から1歳魚までは約50%であった．2歳魚以上では年齢を増すごとに雌の占める割合が増加する．サワラでは成長に伴い性転換することはないので，雄の高齢魚の生き残りが雌に比べて劣っていることを示していると考えられる．

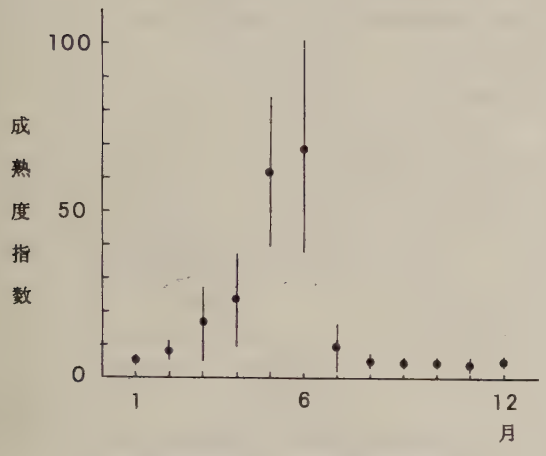


図8　成熟度指数の月別平均値と標準偏差
●：平均値，｜：標準偏差

表3　年齢別性比

年齢	個体数		性比
	雌	雄	♀/(♂+♀)
0	335	261	0.56
1	551	468	0.54
2	252	138	0.65
3	136	36	0.79
4	33	9	0.79
5	20	6	0.77
6	4	0	1.00

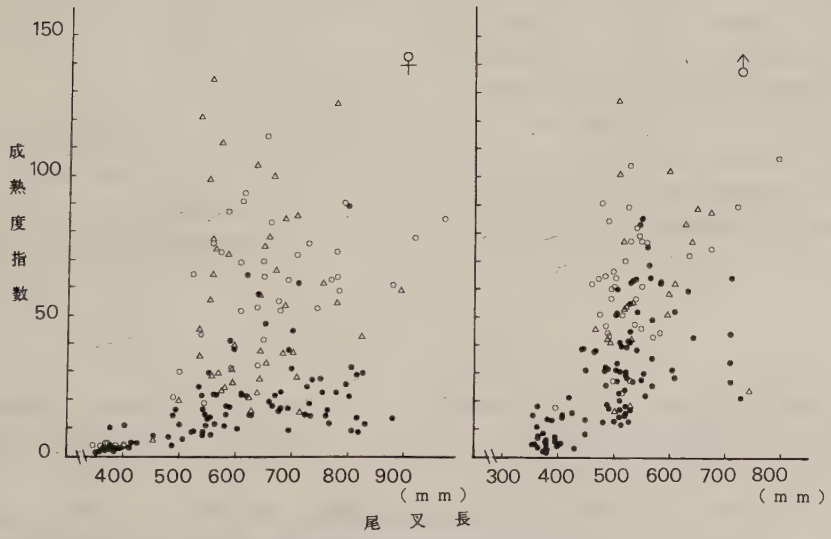


図9　尾叉長別成熟度指数の経月変化
●：4月，○：5月，△：6月

考察

麦谷[5]によると，耳石の透明帯と不透明帯を構成している薄小層は，不透明帯の方が透明帯に比べ，幅が広く，薄小層相互の間隔が密である．また，石灰化度や蛋白質量も異なるとしている．このように両帯の構造や成分に違いがあるので，加熱処理によって変色の度合が相違し，輪紋が明瞭になると考えられる．オーブンレンジは，庫内温度が安定しており，焼きむらがなく，ほぼ均一に耳石を加熱できた．また，多量の標本を同時に加熱処理できる利点があった．

本種の年齢と成長について，筆者の報告と黄・渤海の標本による刘[6]らの報告，それに台湾近海の標本による陳[7]の報告及び渤・黄・東シナ海の標本による朱[8]らが報告した本種の成長について比較検討する．なお，これらの報告には雌雄込みの成長式のみが示されているものがあるので，雌雄込みの成長式によって比較した．それぞれの成長曲線を図10に示した．

それらによると，陳が報告している台湾近海産の標本では，他の海域に比べて初期の成長が遅いが，年齢を増すごとにほぼ直線的な成長を示す．一方，刘らの黄・渤海産の標本では，前者とは逆に初期の成長が早い．また，筆者の東シナ海・黄海産の標本では前2者のほぼ中間的な成長パターンとなっている．そして朱らの渤・黄・東シナ海産の標本では台湾近海産を除き，各年齢とも成長が早いものが多い．また永井ら[9]は黄・渤海産は瀬戸内海産のものに比べ成長が遅いことを指摘している．以上のように本種は水域によって成長が異なっている可能性が認められた．

今回得た本種の産卵期を既往の報告と比較する．台湾近海の産卵期は，卵巣内卵径の経月変化より3，4月頃で[7]，黄海中部及び渤海では5，6月頃とされている[8]．また，瀬戸内海中部海域では5月から7月で，盛期は5，6月頃とされている[10]．これらに筆者の結果を加えて綜合すると，産卵期は南北で差があり，南で早く，北に行くほど遅くなる傾向がうかがえた．雌雄の性成熟年齢はいずれの報告とも2歳であった．

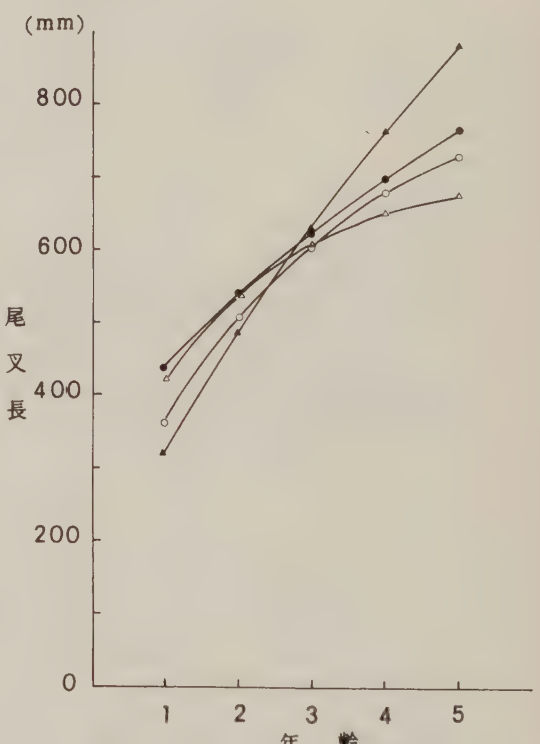


図10 各海域におけるサワラの成長曲線
▲：台湾近海産，●：渤・黄・東シナ海産
○：東シナ海・黄海産，△：黄・渤海産

要約

1980年から1989年までの間に，東シナ海と韓国南西沿岸域で大中型まき網等により漁獲されたサワラ3,319個体の耳石を加熱処理した．加熱処理すると，未処理のものに比べ，輪紋がより明瞭となった．比較的輪紋が明瞭な2,249個の耳石の年齢を査定した．

年齢の標示を，不透明帯の縁辺部と規定した．縁辺成長率の季節変化から不透明帯の外縁辺部形成期を6，7月と考えた．一方，成熟度指数の月変化から産卵盛期は5，6月頃と推定した．

Walford の定差図によって検討した結果，雌雄のいずれの輪群とも輪紋形成には周期性が認められた．成長式は雌雄別と雌雄込みで von Bertalanffy の式に

よる成長式を求めた．その結果は次式で示される．

雌　$L_t=1021.91\ (1-e^{-0.26(t+0.70)})$

雄　$L_t=735.62\ (1-e^{-0.42(t+0.60)})$

雌雄込み　$L_t=861.23\ (1-e^{-0.33(t+0.66)})$

ただし，L_t：t 歳時の尾叉長，t：年齢

1 歳時の大きさには雌雄差はないが，2 歳以上では雌は雄に比べ成長が早い．

雌雄ともに 2 歳魚でほとんど成熟する．性比は 1 歳魚までほぼ0.5であるが 2 歳魚以上では，雌の割合が増加する．雄は 2 歳を越えると生き残りが雌に比べ悪い．

文　献

1) 林　小八・加藤　修　1986：マサバ卵・稚仔調査．昭和59年度漁業資源評価システム高度化調査結果報告書．260，水産庁研究部．

2) 林　小八・加藤　修　1987：東シナ海～日本海西部海域におけるサバ類の卵・稚仔分布調査．昭和60年度漁業資源評価システム高度化調査結果報告書．257，水産庁研究部．

3) 林　小八・加藤　修　1988：東シナ海～日本海西部海域におけるサバ類の卵・稚仔分布調査．昭和61年度漁業資源評価システム高度化調査結果報告書．237，水産庁研究部．

4) 林　小八・加藤　修　1989：東シナ海～日本海西部海域におけるサバ類の卵・稚仔分布調査．昭和62年度漁業資源評価システム高度化調査結果報告書，206，水産庁研究部．

5) 麦谷泰雄　1972：魚類耳石の透明帯・不透明帯の性状とその実験的形成．硬組織形成機構研究グループ会報，8，23～27．

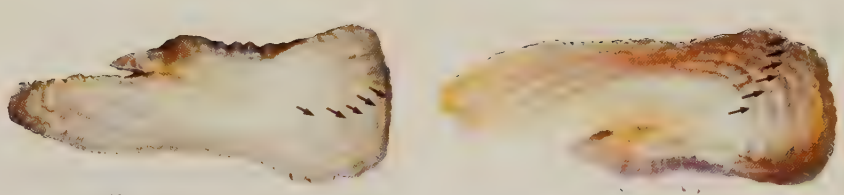
6) 刘　蝉馨・张旭・杨玕文　1982：黄海和渤海藍点马鮫生長的研究．海洋与湖沼，13(2)，170～178．辽宁省海洋水産研究所．

7) 陳　宗雄　1974：台湾産馬加鰆 *Scomberomorus niphonius*（C.&V.）年齢，成長，生殖腺成熟度和産卵初歩研究．台湾省水産試験所試験報告23，21～36．

8) 朱　徳山・弔　晟　1983：渤．黄．东海藍点马鮫 *Scombero morus niphonius*（Cuvier et Valenciennes）漁业生物学及其漁业管理．海洋水産研究，第 5 期，41～61．

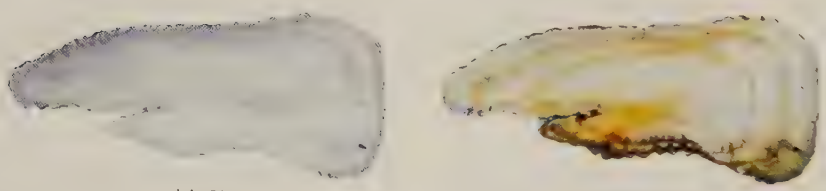
9) 永井達樹・岸田　達　1989：瀬戸内海産サワラの漁獲動向．漁業資源研究会議．西日本底魚部会報　17，29～42．

10) 岸田　達・上田和夫・高尾亀次　1985：瀬戸内海中西部域におけるサワラの年齢と成長．日水誌，51(4)，529～537．



5輪，1983年3月，FL888㎜　　6輪，1982年1月，FL900㎜

図版1　耳石に形成された輪紋



未処理　　加熱処理

図版2　未処理及び加熱処理後の耳石輪紋の現われ方（同一耳石）

非　売　品

平成5年12月　発行

水産庁西海区水産研究所
〒850　長崎市国分町49

印刷人　松尾　隆一郎
印刷所　株式会社　隆文社
佐世保市瀬戸越3—4—7
電話　(0956) ㊾3306

CONTENTS

(In Japanese with English abstract except * in English)

Kiyokazu INOUE, Makoto YAMASAKI and Hitoshi KITO
Dispersion of Released Juvenile Haliotids from an Artificial Reef 1

Kazuyuki TESHIMA, Akio FUJIISHI, Katsuhiko KUBOTA, Satoru INOUE, Kimiaki NAGAMATSU, Osamu ABE, Kazuo TSUKIYAMA and Koji TAKESHITA
Towing Performance of an Improved Yoko-II Midwater Trawl Designed for Reserch Purposes 9

*Makoto YAMASAKI
Reproductive Cycle of the Bivalve *Barnea dilatata* in Ariake Bay 17

Makoto YAMASAKI and Setsuo KIYOMOTO
Reproductive Cycle of the Sea Urchin *Anthocidaris crassispina* from Hirado Island, Nagasaki Prefecture 33

Kazunari YANO and Kazunari KUGA
Taiwan gulper shark, *Centrophorus niaukang*, from the Okinawa Islands, Japan 41

Kazunari YANO and Kazunari KUGA
Deep-Sea Chondrichthyans collected from the Waters around the Okinawa Islands: Results of Catch Analsis of Bottom Longlines 51

*Osamu ABE, Mitsuhisa KAWANO and Kazuyuki TESHIMA
Ovarian Maturation and Spawning of Flying Fish, *Cypselurus hiraii*, in the Southwest Japan Sea 67

Kikuo KOJIMA and Ken-ichi HAYASHI
Biological Characteristics of Four Species of the Caridean Shrimps, Genus *Processa* in Yuya Bay, Yamaguchi Prefecture 83

Seiichi HAMASAKI
Age and Growth of Japanese Spanish Mackerel in the East China Sea and Yellow Sea 101

SEIKAI NATIONAL FISHERIES RESEARCH INSTITUTE

49 KOKUBU-MACHI, NAGASAKI 850

JAPAN